

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS

### MAESTRÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL BASADO EN MÉTODOS CUANTITATIVOS

---

**Tema:** Aumento de la productividad de líneas de confección textil a través de la reducción de desperdicio.

---

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en Gestión de Empresarial Basado en Métodos Cuantitativos

**Autor:** Ingeniero, Rolando Ismael Yépez Moreira

**Director:** Ingeniero, Edwin Cesar Santamaría Díaz, Magíster

Ambato – Ecuador

2017

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencias Administrativas

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por Ingeniero Ramiro Patricio Carvajal Larenas Dr., e integrado por los señores, Ingeniero William Fabián Teneda Llerena, Magíster; Ingeniero Andrés Francisco López Gómez, Magíster; Doctora Alicia Giovanna Ortiz Morales, Magíster; designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Informe Investigación con el tema: “Aumento de la productividad de líneas de confección textil a través de la reducción de desperdicio”, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Rolando Ismael Yépez Moreira para optar por el Grado Académico de Magíster en Gestión Empresarial Basado en Métodos Cuantitativos; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



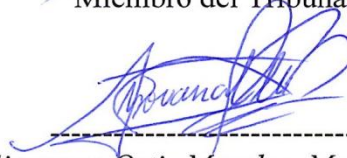
*Ing. Ramiro Patricio Carvajal Larenas. Dr.*  
Presidente y Miembro del Tribunal



*Ing. William Fabián Teneda Llerena, Mg.*  
Miembro del Tribunal




*Ing. Andrés Francisco López Gómez, Mg.*  
Miembro del Tribunal



*Dra. Alicia Giovanna Ortiz Morales, Mg.*  
Miembro del Tribunal

## AUTORÍA DEL INFORME INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en Trabajo de Titulación, presentado con el tema: “Aumento de la productividad de líneas de confección textil a través de la reducción de desperdicio”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Rolando Ismael Yépez Moreira, Autor bajo la Dirección del Ingeniero, Edwin Cesar Santamaría Díaz, Magíster, Director del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



-----  
*Ingeniero, Rolando Ismael Yépez Moreira*  
*c.c.:100373440 5*

**AUTOR**




-----  
*Ingeniero, Edwin Cesar Santamaría Díaz, Magíster*  
*c.c.: 180160944 5*

**DIRECTOR**

## DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.



-----  
*Ingeniero, Rolando Ismael Yépez Moreira*  
*c.c.:100373440 5*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada.....	i
A la Unidad Académica de titulación.....	ii
AUTORÍA DEL INFORME INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS .....	v
ÍNDICE DE TABLAS Y DE GRÁFICOS.....	viii
AGRADECIMIENTO.....	xi
DEDICATORIA.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiii
EXECUTIVE SUMMARY .....	xv
INTRODUCCIÓN.....	I
CAPITULO I.....	2
1. EL PROBLEMA .....	2
1.1. TEMA.....	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.2.1. Contextualización .....	2
1.2.3. Prognosis .....	6
1.2.4. Formulación del Problema.....	7
1.2.5. Interrogantes .....	7
1.2.6. Delimitación .....	7
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	8
1.4. OBJETIVOS.....	9
1.4.1. Objetivo General.....	9
1.4.2. Objetivos Específicos .....	9
CAPITULO II.....	10
1. MARCO TEÓRICO .....	10
1.1. ANTECEDENTES.....	10
1.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA .....	14
1.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	14
2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	15
2.4.1. Marco conceptual de la variable independiente .....	16
2.4.2. Marco conceptual de la variable dependiente.....	19

2.5. HIPÓTESIS .....	23
2.6. VARIABLES.....	23
2.6.1. Variable independiente .....	23
2.6.2. Variable dependiente .....	24
CAPÍTULO III .....	26
3. METODOLOGÍA.....	26
3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
3.2. MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN .....	26
3.3. NIVEL TIPOS DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	27
3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	28
3.6. PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	31
3.7. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	32
CAPÍTULO IV .....	33
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	33
4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	33
4.2. INTERPRETACIÓN DE DATOS .....	47
4.2.1. Interpretación de los desperdicios .....	47
4.2.2. Análisis de la productividad .....	56
4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	60
CAPITULO V .....	68
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68
CAPITULO VI.....	71
6. PROPUESTAS .....	71
6.1 DATOS INFORMATIVOS.....	71
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA .....	71
6.3 JUSTIFICACIÓN.....	72
6.4 OBJETIVOS.....	72
6.6 FUNDAMENTACIÓN .....	75
6.7 METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO.....	77
6.7.1 Mejora de la calidad del producto. ....	78
6.7.2 Balancear la línea de producción.....	88
6.7.3. Planteamiento y validación de modelo matemático de predicción multi- variante .....	97

6.8 ADMINISTRACIÓN .....	104
6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN .....	105
BIBLIOGRAFÍA .....	107
ANEXOS .....	112

## ÍNDICE DE TABLAS Y DE GRÁFICOS

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Conceptualización de las variables independientes. ....	23
Tabla 2: Conceptualización de la variable independiente .....	24
Tabla 3: Operacionalización de las variables independientes. ....	29
Tabla 4: Operacionalización de la variable dependiente. ....	30
Tabla 5: Preguntas y respuestas, recolección de la información. ....	31
Tabla 6: Plan de recolección de la información, técnicas de investigación e instrumentos de recolección de la información.....	32
Tabla 7: comparación, Escenario de simulación No. 1 y Escenario de simulación No. 2. .	40
Tabla 8: Corridas de simulación de procesos .....	45
Tabla 9: Validación del Escenario de Simulación, frente a la realidad. ....	47
Tabla 10: Comparación, Escenario de simulación 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, Almacenamiento de inventario en proceso.....	48
Tabla 11: Comparación, Escenario de simulación 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, Sobreproducción.....	49
Tabla 12: Comparación, Escenario de simulación 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, Transporte de inventario en proceso.....	50
Tabla 13: Comparación, Escenario de simulación 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, Unidades defectuosas. ....	52
Tabla 14: Comparación, Escenario de simulación 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, Unidades con falla. ....	53
Tabla 15: Comparación, Escenario de simulación 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, Tiempo de espera.....	54
Tabla 16: Comparación, Escenario de simulación 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, % de tiempo de espera del sistema. ....	54
Tabla 17: Cálculo de la productividad para los dos Escenarios de simulación del proceso productivo.....	56
Tabla 18: Prueba de significancia individual las variables.....	62
Tabla 19: Prueba de significancia individual las variables.....	63
Tabla 20: Prueba de significancia individual las variables, 2 variables independientes excluidas. ....	64
Tabla 21: Interpretación del valor P o Sig. ....	65
Tabla 22: Prueba de significancia conjunta (Contraste de regresión Anova).....	67
Tabla 23: Prueba de Bondad de ajuste al modelo de regresión lineal multi-variante. ....	67
Tabla 24: Acción preventiva/correctiva ante cambio del ambiente laboral/riesgo laboral. ....	74
Tabla 25: Datos para la elaboración del grafico Pareto.....	78
Tabla 26: Plan de mejora de calidad.....	84
Tabla 27: Recolección de la información necesaria, balanceo de línea. ....	89
Tabla 28: Calcular los índices y variables de decisión, balanceo de líneas.....	90
Tabla 29: Interacciones, balanceo de línea.....	92
Tabla 30: Indicadores de balanceo de línea, combinación optima. ....	95



TABLA 31: Operadores teóricos necesarios para cada tarea o subproceso, combinación óptima.....	96
Tabla 32: Beneficios del balanceo de la línea de producción, línea actual Vs. línea balanceada.....	96
Tabla 33: Prueba de normalidad de residuos.....	99
Tabla 34: Independencia o no auto-correlación , índice Durbin-Watson.....	100
Tabla 35: Estadísticas de colinealidad.....	100
Tabla 36: Prueba de homogeneidad de varianzas.....	101

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Ilustración 1: Árbol de problemas .....	5
Ilustración 2: Categorías fundamentales.....	16
Ilustración 3: Diagrama de procesos, línea de producción textil actual .....	36
Ilustración 4: Diagrama de procesos, línea de producción textil actual, Escenario de simulación No. 1, datos relevantes .....	37
Ilustración 5: Ilustración 4: Diagrama de procesos, línea de producción textil actual, Escenario de simulación No. 2, datos relevantes .....	38
Ilustración 6: Construcción del modelo de simulación, software Flexsim.....	39
Ilustración 7: Construcción del modelo de simulación, software Flexsim, agregación de cuadros estadísticos .....	43
Ilustración 8: Ilustración 7: Corrida del modelo de simulación, software Flexsim, simulación en marcha y vista de cuadros estadísticos .....	43
Ilustración 9: Verificación del modelo de simulación, software Flexsim, conexión y elementos existentes .....	44
Ilustración 10: Comparación de Escenario de simulación No. 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, inventario en proceso.....	48
Ilustración 11: Comparación de Escenario de simulación No. 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, sobreproducción.....	49
Ilustración 12: Comparación de Escenario de simulación No. 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, transporte de producto en proceso .....	51
Ilustración 13: Comparación de Escenario de simulación No. 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, unidades defectuosas .....	52
Ilustración 14: Comparación de Escenario de simulación No. 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, unidades con falla .....	53

Ilustración 15: Comparación de Escenario de simulación No. 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, tiempo de espera .....	55
Ilustración 16: Diagrama Pareto, Causas de baja calidad.....	79
Ilustración 17: Diagrama causa-efecto, costuras abiertas.....	80
Ilustración 18: Diagrama causa-efecto, bordes sucios .....	82
Ilustración 19: Modelo de regresión lineal múltiple para producir la productividad, hoja de calculo.....	103
Ilustración 20: Diagrama de procesos de producción actual, después de la mejora.....	105

## AGRADECIMIENTO

A mis Padres y  
Hermanos por haberme  
acompañado y  
comprendido en todo  
momento, de quienes  
estoy muy orgulloso y  
feliz de estar a su lado.

Ismael Yépez

## DEDICATORIA

A mis Padres y Hermanos, por todo lo que significan en mi vida, sabiendo que no me alcanzara el tiempo del mundo para devolverles el amor que me han entregado.

En especial al Ingeniero, Edwin Santamaría Díaz, por haberme guiado con paciencia en la materialización del Presente Trabajo de Investigación a través de sus sabios consejos y al compartir desinteresadamente sus sólidos conocimientos en la ciencia aplicada.

A la Ingeniera Maricela Ormaza, mi Amor....

Ismael Yépez

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL BASADO EN MÉTODOS**  
**CUANTITATIVOS**

**TEMA:** Aumento de la productividad de líneas de confección textil a través de la  
reducción de desperdicio.

**AUTOR:** *Ingeniero, Rolando Ismael Yépez Moreira*

**DIRECTOR:** *Ingeniero, Edwin Cesar Santamaría Díaz, Magíster*

**FECHA:** *Noviembre del 2017*

**RESUMEN EJECUTIVO**

En el presente trabajo de Investigación se muestra el incremento de la productividad a través de la reducción de los principales desperdicios identificados en la producción textil de la empresa en estudio, como son: inventario, la sobreproducción de prendas de vestir, el transporte de producto en proceso no necesario, las unidades con falla que no cumplen con los requisitos de calidad especificados por el cliente, las unidades reprocesadas para cumplir con los requisitos de calidad y el tiempo espera o tiempo muerto, las mismas que incrementan el costo y se presume que afectan a la productividad.

En el proceso de estudio se utilizó el software de simulación de procesos industriales “Flexsim” como herramienta principal para determinar cuantitativamente los niveles de producción, productividad y desperdicios, en dos escenarios de simulación: el Escenario de simulación No. 1, que refleja el estado inicial del proceso productivo y el Escenario de simulación No. 2 que corresponde al estado final o ideal del proceso productivo posterior a las mejoras implementadas.

Previo a la mejora de la productividad medida en dólares invertidos sobre dólares ganados, se realizó la comprobación estadística de la influencia significativa del conjunto de variables independientes consideradas como desperdicios sobre la variable dependiente: productividad, siendo esta positiva para el objeto de estudio y dando lugar una clara oportunidad de mejora.

Se adoptó varios métodos y herramientas para la implementación de la mejora de la productividad, entre ellas: la mejora de la calidad del producto, análisis de causa-efecto, mantenimiento preventivo, 5's de calidad, mejoramiento básico de la distribución de planta y balanceo de líneas de producción, Además, como herramienta de gestión basada en datos cuantitativos se planteó un modelo matemático de regresión lineal múltiple, de predicción de la productividad de la línea de producción textil, en función los desperdicios más significativos.

En definitiva, la reducción de los desperdicios en la producción textil de la empresa en estudio, contribuyen al mejoramiento de su productividad generando así para la empresa una opción viable, de mejora continua de su rentabilidad y competitividad.

**Descriptores:** Productividad, desperdicios, sobreproducción, transporte innecesario, unidades con falla, unidades defectuosas, tiempo de espera, simulación de procesos industriales, variables dependientes e independientes

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL BASADO EN MÉTODOS**  
**CUANTITATIVOS**

**THEME:** Increase in the productivity of textile clothing lines through the reduction of  
waste

**AUTOR:** *Ingeniero, Rolando Ismael Yépez Moreira*

**DIRECTOR:** *Ingeniero, Edwin Cesar Santamaría Díaz, Magíster*

**FECHA:** *November of 2017*

**EXECUTIVE SUMMARY**

In the present work of Investigation shows the increase of the productivity through the reduction of the main waste identified in the textile production of the company under study, such as: inventory, the overproduction of garments, the transport of product in process not necessary, the units with faults that do not meet the quality requirements specified by the client, the units reprocessed to meet the quality requirements and the waiting time or downtime, which increase the cost and are presumed to affect to productivity.

In the study process, the industrial process simulation software "Flexsim" was used as the main tool to quantitatively determine the levels of production, productivity and waste, in two simulation scenarios: the Simulation Scenario No. 1, which reflects the state initial of the productive process and the Simulation Scenario No. 2 that corresponds to the final or ideal state of the productive process after the improvements implemented.

Prior to the improvement of productivity measured in dollars invested on dollars earned, statistical verification of the significant influence of the set of independent variables considered as waste on the dependent variable was made: productivity, being positive for the object of study and giving rise to a clear opportunity for improvement.

Several methods and tools were adopted for the implementation of productivity improvement, among them: improvement of product quality, cause-effect analysis, preventive maintenance, quality 5's, basic improvement of plant distribution and rolling of production lines, In addition, as a management tool based on quantitative data, a

mathematical model of multiple linear regression was proposed, to predict the productivity of the textile production line, based on the most significant waste.

In short, the reduction of waste in the textile production of the company under study, contribute to the improvement of its productivity, thus generating a viable option for the company, of continuous improvement of its profitability and competitiveness.

**Keywords:** Productivity, waste, overproduction, unnecessary transportation, units with failure, defective units, waiting time, simulation of industrial processes, dependent and independent variables



## **INTRODUCCIÓN**

Las empresas ecuatorianas en la actualidad, con el fin de mejorar su rentabilidad y competitividad ante las exigencias del mercado y garantizar su permanencia en el mismo, se ven en la obligación de diseñar e implementar herramientas de gestión y mejora de sus procesos productivos para alcanzar el máximo nivel de rentabilidad.

Por otro lado, se ha demostrado en varios estudios, que constantemente en los sistemas de producción textil existen diversos factores que afectan negativamente a la utilización óptima de los recursos entre ellos: el inventario, la sobreproducción, el transporte innecesario, las unidades con falla, las unidades defectuosas, tiempo de espera, entre otros denominados “desperdicios”

Lo que se muestra en el presente Trabajo de Investigación, es la aplicación de métodos y herramientas cuantitativas, utilizadas para la identificación y medición de la productividad y de los principales desperdicios durante la producción de prendas de vestir de la empresa en estudio, así como un análisis estadístico de los mismos, posteriormente se realiza la propuesta de mejora y disminución sistemática del desperdicio identificado y de su impacto con la productividad alcanzada.

## **CAPITULO I**

### **1. EL PROBLEMA**

#### **1.1. TEMA**

AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LÍNEAS DE CONFECCIÓN TEXTIL A TRAVÉS DE LA REDUCCIÓN DE DESPERDICIO.

#### **1.2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

##### **1.2.1. Contextualización**

A nivel internacional, después de revisar la documentación relacionada con la aplicación de métodos a la mejora de procesos se observó que, se han realizado estudios relacionaos en empresas industriales, de diferentes tamaños y sectores incluido el textil, en los cuales se han identificado los principales desperdicios asociados a la baja productividad, se destacan: la sobreproducción de bienes, tiempos de espera elevados, desequilibrios de líneas de producción, transportes innecesarios, reproceso de productos terminados y por terminar, inventario acumulado, y la mala calidad. “Los sistemas productivos generan impuestos, desperdicios, contaminación, empleos, sueldos, y adelantos tecnológicos” (Tejeda, 2011).

En varios de estos estudios se ha solucionado gran parte de estos problemas mediante implantación de técnicas de mejora a la productividad como 5´s (Marmolejo, 2016) (Péres, 2011), smed, estandarización, Tpm, control visual, jidoka, heijunka, kamban, jidojka (Puche, 2011), entre otras, obteniendo resultados concretos como la reducción del costo total de la producción, reducción de tiempos de cambio o de preparación (mejor flexibilidad de procesos), mejoramiento del nivel de servicio entre otros, mejora de la productividad laboral y aspectos cualitativos para mejorar la cultura empresarial basada en la detección y eliminación del desperdicio,

“El objetivo perseguido es aumentar la productividad del trabajo -estandarizando operaciones y eliminando las innecesarias- y reducir los tiempos totales desde que la materia prima entra hasta que sale de la fábrica, para atender mejor a los clientes, sin necesidad de invertir en maquinaria y recortando los costes a la vez” (Santos, 2008).

Además, se destaca la necesidad de la adopción de nuevos métodos administrativos para mejorar la competitividad industrial, esto a causa de la evolución constante de los mercados y las necesidades de los consumidores.” la evolución histórica más reciente en este sector muestra unas claras presiones competitivas para reducir costes y aumentar la fiabilidad en la fabricación” (Prida, 2007).

Cabe señalar que en varios países como es el caso de España, México y Colombia, (Hernández J. C., 2013) , (Arrieta, 2007) , (Monge, 2015) respectivamente, se han realizado una análisis y evaluación empresarial con respeto a la implementación de metodologías y herramientas de mejora de la productividad enfocadas a reducir los desperdicios.

A nivel latinoamericano también se han hecho indagaciones a la gestión de la producción en pequeñas, medianas y grandes empresas en donde se han determinado desperdicios, como la mala calidad de productos, reproceso, tiempos de espera y actividades involucrados en la producción y que no agregan valor, todo esto con el fin de identificar oportunidades de mejorar la productividad. En varios casos de dichos estudios se han aplicado varias técnicas y herramientas de mejora como son 5´s, control visual de fallos, sistemas de calidad, sistema de detección temprana de errores, smed (Pedraza, 2011) , entre otros, permitiendo evidenciar resultados favorables como la reducción del costo de producción y mejoras significativas en la productividad empresarial. Incluso se hace referencia a la reducción del desperdicio a través de técnicas de manufactura esbelta como impacto relevante positivo en la eficiencia operacional y sostenibilidad ambiental (Monge, Los constructos manufactura esbelta, sustentable y mejora continua tienen un impacto directo, relevante positivo y estadísticamente significativo en el constructo dependiente eficiencia operacional y responsabilidad ambiental, siendo la manufactura sustent, 2013).

En revisión de la documentación de los últimos cinco años se asocia estrechamente a la reducción de los desperdicios generados en los procesos de manufactura mediante la aplicación de herramientas y métodos como las 5´s, kaizen, kamban y a la filosofía Lean Manufacturing o más conocida como “producción esbelta”, la misma que se define como “una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Su objetivo final es el de generar una nueva

cultura de la mejora basada en la comunicación y en el trabajo en equipo; para ello es indispensable adaptar el método a cada caso concreto” (Hernández, 2013).

“los objetivos del pensamiento esbelto que se encuentran relevantes y posibles de lograr están el incremento de la velocidad de flujo y la eliminación del desperdicio” (Mantilla, 2012). Además, existen varios artículos que hacen referencia a las herramientas y metodologías enfocadas a la reducción del desperdicio, (Cruz L. , 2015).

En el Ecuador se han realizado estudios similares de pregrado (tercer y cuarto nivel superior), entre ellos tesis que han demostrado la efectividad de herramientas de mejora tales como: 5s, dmaic y balanceo de líneas, las mismas que aplicadas a la reducción del desperdicio han mejorado la productividad empresarial.

En la ciudad de Atuntaqui pese a ser una ciudad productora de prendas textiles no anteceden estudios a nivel científico enfocados a la aplicación de herramientas que permitan reducir el desperdicio y mejorar la utilización de los recursos invertidos para producir prendas de vestir, lo que si se registran es trabajos de titulación de grados (tesis, tercer nivel superior) en los cuales se evidencia la mejora de diferentes procesos de producción a través de herramientas como 5s, control estadístico de la calidad, gestión por procesos, entre otros, los resultados son varios entre ellos se destacan la reducción del tiempo de ciclo, reducción de inventario, reducción de unidades defectuosas, entre otras.

### **1.2.2. Análisis crítico**

### Ilustración 1: Árbol de problemas.



**Elaborado por:** El autor

En la actualidad TABBY SPORT, importante empresa para el sector textil de la provincia de Imbabura y zona 1 del país se enfrenta a una baja considerable del nivel de ventas en relación a los años anteriores, los factores que originan este efecto negativo son varios, entre ellos se destacan: la crisis petrolera que inicios al principio del año, el incremento de precios de las materias primas utilizadas en la elaboración de prendas de vestir (telas e insumos) y la introducción de nueva competencia en el mercado ecuatoriano desde los países vecinos (Colombia y Perú).

Para poder hacer frente a los nuevos retos del mercado, TABBY SPORT se ve en la obligación de mejorar la administración de su línea de confección con el fin de alcanzar y mejores los actuales niveles de productividad a través de la adopción de nuevas prácticas de gestión empresarial, las mismas que deberán adaptarse a los objetivos productivos planteados.

En varias observaciones al sistema productivo de la empresa se pudo evidenciar los desperdicios generados durante la producción de varios lotes de prendas de vestir elaborados en su única línea de confección, se detallan:

Sobreproducción: Pese a ser un sistema de producción bajo pedido en las bodegas destinadas para el almacenamiento del producto final se observó grandes cantidades de

prendas almacenadas correspondientes a lotes no entregados, ya sea por rechazo al no cumplir con los tiempos establecidos de entrega o devolución por fallas de calidad.

Tiempos de espera: En los procesos de corte y armado se evidencio personal operativo sin asignación inmediata de carga de trabajo en horas de la mañana.

Transporte: se pudo observar que durante la corrida de trabajo los productos en proceso son devueltos constantemente por varias razones, el corte no es el adecuado, el estiraje de la tela (reposo) no es el adecuado.

Reproceso: al final de la línea de confección se clasifica el producto terminado en tres clases: bueno, necesita correcciones y prenda rechazada, siendo un equivalente porcentual del total de prendas producidas diarias del 70%, 18% y 12% respectivamente.

Inventario: se observa la acumulación de partes de prendas en los procesos de armado.

Defectos: la calidad es cuestionable, el porcentaje de prendas producidas aceptadas en promedio son del 70%, no se lleva un control riguroso de calidad pese a tener los requisitos de las prendas establecidos previamente por el cliente.

Es importante señalar que en la empresa en estudio administra la producción de forma empírica, y no se ha realizado hasta la fecha ningún estudio técnico relacionado con la gestión de su única línea productiva.

### **1.2.3. Prognosis**

TABBY SPORT en caso de continuar con la mismas prácticas administrativas de la actual línea de confección, la misma que genera desperdicios (sobreproducción, tiempos de espera, inventarios, fallas de calidad y transportes) durante la jornada de trabajo seguirá perdiendo rápidamente competitividad en el mercado en precio - calidad y bajo nivel de servicio, esto significa una reducción considerable de sus niveles de ventas, devoluciones, pérdida de cartera de clientes y mala imagen corporativa, factores que amenazan la existencia de la empresa. Además, la empresa y la actual administración de la línea de confección no estarán preparadas para los retos de la competitividad futura, porque no se ha considerado la aplicación a corto, mediano o largo plazo de mejores principios y métodos administrativos para la línea de confección.

#### 1.2.4. **Formulación del Problema**

¿Cómo mejorar la productividad de la línea de confección en la TABBYS SPORT mediante la reducción del desperdicio?

#### 1.2.5. **Interrogantes**

- ¿Qué importancia tiene el aumento de la productividad de las líneas de confección textil?
- ¿Cómo afecta la generación de desperdicios a la productividad de la línea de confección?
- ¿Es necesario aumentar la productividad de la línea de confección a través de la reducción de los desperdicios?
- ¿Qué prácticas administrativas mejorarían la productividad de la línea de confección de la empresa TABBYS SPORT y reducirían los desperdicios?

#### 1.2.6. **Delimitación**

- **Por Contenido**
- **Campo:** Gestión empresarial
- **Área:** Métodos cuantitativos para la gestión empresarial
- **Aspecto:** Gestión de la cadena del suministro.
- **Delimitación Espacial**
- **País:** Ecuador, zona 1
- **Provincia:** Imbabura
- **Ciudad:** Atuntaqui
- **Empresa:** TABBYS SPORT

El estudio se limita al sistema productivo de empresas TABBY SPORT, específicamente en su línea confección.

- **Delimitación Temporal**

Agosto 2016 - mayo 2017

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La empresa TABBYSPORT, dedicada a la producción de prendas de vestir, en la actualidad necesita la implementación de estrategias de mejora continua que le permita mejorar su rentabilidad, por ellos es necesario la optimización integral de su principal línea de producción y sus elementos (mano de obra, maquinaria, materia prima, insumos, etc.), así como la medición y mejora del desempeño global de la misma, a través de los índices de productividad y desperdicios (almacenamiento o inventario, sobre-producción, tiempos de espera, transportes o movimientos innecesarios, defectos y reprocesos)

La productividad es un indicador utilizado para medir el grado de utilización de los recursos empleados para producir un bien o servicio, entre otros indicadores de relevancia es el punto de partida para conocer el estado actual de un sistema productivo y su rendimiento multivariable (materia prima, mano de obra, inversiones, etc.), considerando que en la empresa de estudio no se cuenta con un indicador de desempeño global es necesario implementar la medición de la productividad de la línea de producción.

En la línea de confección textil de la empresa TABBY SPORT, se evidencian desperdicios durante la producción de prendas de vestir, los mismos que encarecen el costo de producción y una baja productividad, principalmente sobre producción, tiempos de espera, inventario, reproceso y productos defectuosos.

Mediante esta investigación que se va a desarrollar en la empresa TABBY SPORT, se tiene la seguridad que se puede aportar con estrategias para lograr incrementar la productividad en su línea de producción, a través de la reducción de los desperdicios identificados, lo cual permitirá a la empresa optimizar el uso de inversiones económicas y su rendimiento, a la vez mejorando la competitividad de la empresa.

Por lo antes expuesto es necesario que la empresa TABBY SPORT dedicada a la producción de prendas de vestir de la ciudad de Atuntaqui provincia de Imbabura, mejore



la productividad de su línea de confección textil a través de la identificación y reducción del desperdicio aplicando metodologías y técnicas bajo la filosofía “lean manufacturing” para poder responder oportunamente a las nuevas exigencias del mercado y aumentando la rentabilidad, y la reducción del costo de producción.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General**

Mejorar la productividad de la línea de confección textil de la empresa a través de la reducción del desperdicio.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Fundamentar desde el punto de vista teórico la relación entre el desperdicio y productividad.
- Diagnosticar el estado productivo de línea de confección.
- Medir la productividad en unidades monetarias asociados a la producción en líneas de confección textil.
- Proponer herramientas administrativas para mejorar la productividad y reducir el desperdicio en la línea de producción textil de la empresa en estudio.

## CAPITULO II

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. ANTECEDENTES

Se han realizado nivel empresarial diversos estudios de mejora de la productividad industrial sea en costo, tiempos de producción, utilización de mano de obra, materiales, maquinaria o insumos y otros, reduciendo los desperdicios, entre ellos se estacan:

“Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo” (Péres, 2011), en este estudio se estaca la identificación de los principales desperdicios de nueve pymes, a través de la capacitación de los operarios de cada pequeña y mediana empresa en estudio, los principales desperdicios que influyen en una baja productividad de acuerdo a los resultados arrojados en la medición son: tiempos de espera 18%, movimientos innecesarios: 29%, procesos innecesarios 23%, y transporte 29% para mejorar este particular y eliminar considerablemente el desperdicio identificado se propone las técnicas y herramientas administrativas las 5 s’s de calidad y control visual en sitio.

“Mejoramiento mediante herramientas de la manufactura esbelta, en una empresa de Confecciones” (Marmolejo, 2016), en este estudio se estaca el estudio de una línea e confecciones para identificar las oportunidades de mejora, después de recolectar y analizar los datos se identifican las principales causas de la baja utilización de los recursos utilizados para la producción e prendas de vestir, existen tiempos perdidos en la línea de producción del área de importado hasta un 14% de tiempos perdidos, para eliminar este desperdicio identificado se propone técnicas de mejora como son las 5 s’s de calidad y control visual en sitio, los resultaos son evidentes “se redujeron los tiempos perdidos por actividades que no agregaban valor al proceso en 1.72 min lo que representó un ahorro económico de \$25.916.485” además se estacan beneficio cualitativos ya que se presume de una mejora al ambiente de trabajo.

“El efecto favorable del paradigma lean manufacturing sobre la reducción de defectos. Técnicas de simulación discreta” (Puche, 2011), en este estudio se utiliza la técnica asistida por computadora, la simulación, para poder identificar los defectos de la producción y su incidencia directa con la productividad empresarial, se utiliza el principio de la herramienta

de mejora jidoka (termino japonés utilizado como denominación a la automatización industrial) para proponer una mejora considerable al desempeño de la empresa en estudio se concluye mediante la simulación de eventos discretos que se y la automatización que se podría mejorar la productividad basada en el costo, es decir reducir los mismos hasta un 13 (\$/unidad) de 21,6 a 18,7, aumentando así el nivel de competitividad de la empresa basada en precios.

En la revisión documental bibliográfica se destacan diversas ponencias referentes a la fundamentación teórica de los diferentes métodos, técnicas y herramientas enfocadas a la reducción del desperdicio, entre ellas se destacan:

“Lean Manufacturing: flexibilidad, agilidad y productividad (Gomez P. , 2010)”, en este estudio se hace una revisión completa de la fundamentación de lean manufacturing, los distintos conceptos y evolución histórica, se concluye que lean o manufactura esbelta es una filosofía, conjunto de técnicas y herramientas que aplicadas según la necesidad específica de cada empresa buscan mejorar la utilización de los recursos y aumentar la productividad de un sistema de producción de cualquier tipo que este sea.

“Lean manufacturing: revisión de literatura y análisis de la implementación” (Cruz L. , 2015), en este artículo se analiza las evolución histórica del concepto lean, se destaca a lean como la filosofía de mejora continua cumbre en la evolución histórica, ya que es flexible a la aplicación de empresas cuyas características de funcionalidad son distintas entre sí, además se destaca su origen japonés en la industria manufacturera de vehículos Toyota, la filosofía lean o producción esbelta o ligera se desarrolló como respuesta y evolución a la necesidad de gestionar sistemas no rígidos de producción, es decir cambiar el paradigma de la producción en masa de un solo producto a un modelo de producción basado en la respuesta rápida, ágil y económica que solvente las cambiantes necesidades del mercado.

“Sistema de gestión de la calidad en el apoyo a la implementación de estrategias de producción ajustada” (Cruz V. , 2004), en este artículo se destaca la importancia de lean manufacturing y sus diferentes herramientas para mejorar la productividad a través de la reducción del desperdicio, además se detalla la importancia de contar con un sistema de gestión de la calidad que serviría como soporte a la implementación de la producción esbelta “La existencia de un sistema de gestión de calidad, basado en gestión por procesos, facilitó la implementación de un ambiente de producción ajustada”, es decir se demuestra

la estrecha relación entre producir a un nivel productivo aceptable y la calidad final del producto.

“Mejoras de lean manufacturing en los sistemas productivos” (Tejeda, 2011), en esta publicación se hace un importante análisis evolutivo de los sistemas de producción en el tiempo, iniciando en el sistema de producción artesanal , taller (Sistema de producción Intermittente), producción por lote (Sistema de producción discontinuo), producción masiva (Sistema de producción Continuo), procesos de flujos continuos (Sistema de producción Continuo), hasta evolucionar a través del tiempo para lo que hoy se conoce como manufactura esbelta o lean manufacturing, este último con características de flexibilidad a las exigencias del mercado, principalmente se enfoca en la identificación del valor y reducción del desperdicio.

“Metodología de implantación de la gestión lean en plantas industriales” (Santos, 2008), en este artículo se propone una metodología para reducir los desperdicios identificados durante la producción industrial, los mismos que encarecen al costo de producción y disminuyen la rentabilidad, afirmando que la identificación del valor y eliminación de las mudas o despilfarros a través de la producción esbelta es la clave de la eficiencia operativa, la metodología en mención se basa en los siguientes siete pasos: 1. recogida de la información, 2. formación acerca de lean manufacturing, 3. análisis de las operaciones y flujo, 4. trazado del estado de situación inicial, 5. fase de estudio de la situación, 6. trazado del estado deseado y 8. implementación, siendo el último paso el más crítico para alcanzar la productividad o estado operacional deseado en el paso 6.

“Un caso real de implantación de “lean manufacturing”. Metodología y reflexiones sobre el proceso de implantación” (Prida, 2007), en este artículo se muestra un caso real de la aplicación de producción esbelta en un sistema productivo, se define como principales desperdicios en la ejecución de las operaciones la presencia de productos defectuosos que no cumplen con las especificaciones del diseño, tiempos improductivos durante las actividades de aprovisionamiento de materiales y suministros, y averías de la maquinaria utilizada en la producción, además se justifica la necesidad de cambio de enfoque de la producción de un sistema de empuje (push) a un sistema de arrase o pedido (pull), para finalizar se detallan las mejoras al sistema productivo después de la aplicación de lean directamente en la reducción del tiempo de ciclo, incrementando así el nivel de productividad.

“Benchmarking sobre Manufactura Esbelta (lean manufacturing) en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia” (Arrieta, 2007), este artículo se presenta con la finalidad de evaluar el grado de implementación de la filosofía lean o manufactura Esbelta en la línea de confección, se enfoca en empresas específicamente que fabrican blue jeans, camisas tipo polo y camisetas t-shirts, se concluye que dichas empresas pese a conocer y aplicar las técnicas de manufactura Esbelta aun no llegan a un grado de sostenibilidad productiva a mediano y largo plazo, por lo que se requiere de un cambio rigurosos en la gestión y administración de las empresas en estudio enfocándose en los principios de identificación de valor y eliminación del desperdicio, mismo que deberá ser transmitido a todos las áreas de las organizaciones.

“Conocimiento, aplicación y resultados de las técnicas de Lean manufacturing en las empresas españolas” (Sánchez, 2008) ,este artículo tiene la finalidad de conocer y establecer el grado de conocimiento sobre el Lean manufacturing de las empresas españolas y en qué medida esta filosofía les puede ayudar a resolver sus principales, a través de encuestas validadas se presentan los principales resultados y se concluye que las herramientas de lean manufacturing para los sectores industriales en estudio son conocidos para las empresas españolas, y dan expectativa de mejora a la calidad y competitividad a corto plazo, pero parecen limitarse a su aplicación únicamente a corto plazo, sin alcanzar una verdadera filosofía de trabajo sostenible a mediano y largo plazo. Además, se genera la idea propositiva sobre afrontar los retos competitivos del futuro a través de la reducción del desperdicio.

“Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma” (Mantilla, 2012), en este documento investigativo se presenta un modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos y sistemas logísticos que abarca también las logística de planta (cadena de suministro), principalmente se basa en la generación de herramientas informáticas basadas en las técnicas de lean manufacturing y seis sigma para mejorar la productividad industrial a través de la reducción de los costos de producción y mejoramiento de la satisfacción al cliente (nivel de servicio).

Al analizar la bibliografía referente a la reducción del desperdicio y mejoramiento de la productividad industrial sea en costos, calidad, tiempo de ciclo y otros, podemos ver que las técnicas, herramienta, y principios utilizadas para este propósito son principalmente de lean manufacturing o manufactura esbelta, la aplicabilidad no se limita a un solo tipo de

empresas, sino abarca a la manufactura y servicios o sistemas productivos mixtos, independientemente de su tamaño.

## **1.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

El presente proyecto de investigación se identifica con el paradigma crítico propositivo.

En la actualidad el mercado de confección textil demanda productos a un precio asequible y de calidad evidente para el consumidor, para poder alcanzar tales niveles de productividad empresarial es necesario evolucionar en la administración de los recursos empresariales relacionados con la producción de bienes y servicios.

Los sistemas de líneas de producción deben adaptarse a condiciones del mundo empresarial y mercado, deben enfocarse en alcanzar niveles de productividad tales que, la utilización de recursos sean los mínimos alcanzando el máximo rendimiento.

La presente investigación se basa en el involucramiento del investigador en todos los procesos productivos y con las actuales prácticas administrativas con el fin de proponer un diseño administrativo capaz de evidenciar mejores rendimientos de los recursos invertidos para producir prendas de vestir, basado en métodos de análisis cuantitativos y reducción del desperdicio.

Se toma los principios referenciales filosóficos a Lean Manufacturing bajo el principio de la reducción del desperdicio.

## **1.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

La presente investigación se justifica ante la Ley Orgánica de Defensa del Consumidor, publicado en el registro oficial N° 116, del 10 de Julio del 2000, Art 4 que dice:

Art. 4.- Derechos del consumidor.

Son derechos fundamentales del consumidor, a más de los establecidos en la Constitución Política de la República, tratados o convenios internacionales, legislación interna, principios generales del derecho y costumbres mercantiles, los siguientes:

1. Derecho a la protección de la vida, salud y seguridad en el consumo de bienes y servicios, así como a la satisfacción de las necesidades fundamentales y acceso a los servicios básicos;
2. Derecho a que los proveedores públicos y privados oferten bienes y servicios competitivos, de óptima calidad, y a elegirlos con libertad,
3. Derecho a recibir servicios básicos de óptima calidad;
4. Derecho a la información adecuada, veraz, clara, oportuna y completa sobre los bienes y servicios ofrecidos en el mercado, así como sus precios, características, calidad, condiciones de contratación y demás aspectos relevantes de los mismos, incluyendo los riesgos que pudieren prestar.

## **2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES**

Categorización de variable dependiente e independiente

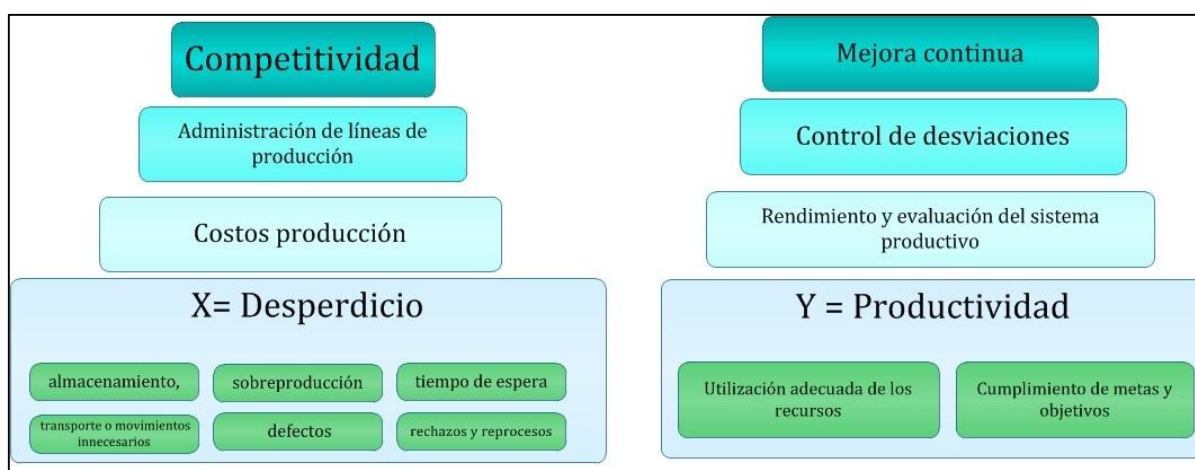
- Categorización de variable independiente

X= desperdicio

- Categorización de variable dependiente

Y= productividad

## Ilustración 2: Categorías fundamentales.



**Elaborado por:** El autor

### 2.4.1. Marco conceptual de la variable independiente

A continuación, se conceptualiza las variables de las categorías fundamentales referentes a la variable independiente:

#### **Competitividad:**

La competitividad se entiende como la “capacidad de una empresa para generar un producto o servicio de mejor manera que sus competidores. Esta capacidad resulta fundamental en un mundo de mercados globalizados, en los que el cliente por lo general puede elegir lo que necesita de entre varias opciones” (Pulido H, 2005).

Otros autores definen e concepto de competitividad como “la capacidad de una empresa u organización de cualquier tipo para desarrollar y mantener unas ventajas comparativas que le permiten disfrutar y sostener una posición destacada en el entorno socio económico en que actúan. Se entiende por ventaja comparativa aquella habilidad, recurso, conocimiento, atributos, etc., de que dispone una empresa, de la que carecen sus competidores y que hace posible la obtención de unos rendimientos superiores a estos” (Mintzberg, 2009).

Según (Benjamín, 2009), define que competitividad es la “capacidad de una entidad u organización con o sin fines de lucro para competir”.



“Es la capacidad de una industria o empresa para producir bienes con patrones de calidad específicos, utilizando más eficientemente recursos que empresas o industrias semejantes en el resto del mundo durante un cierto período de tiempo” (Haguenauer, 2010).

### **Administración de líneas de producción:**

La administración de líneas de producción se entiende como el “diseño, la operación y la mejora de los sistemas que crean y entregan los productos y los servicios primarios de una empresa” (Chase, Administración de operaciones producción y cadena de suministros, 2009).

Otra definición importante referente a la administración de sistemas o líneas de producción es: “la actividad de planificar y controlar de un proceso de conversión secuencial. Incluyen la adquisición de insumos y luego la verificación de su transformación en productos y servicios deseados por los clientes” (Ruiz, 2010).

La administración de líneas de producción se definiría como, la elaboración de productos tangibles a través del diseño, planificación, ejecución y control de procesos secuenciales, esperando la máxima utilidad y rendimiento de los recursos invertidos para ello. La administración de líneas de producción se basa en la configuración de ciertas variables que reflejan el comportamiento de este tipo de sistemas productivos como tiempo de ciclo, inventario, capacidades, eficiencia, entre otros,

### **Costos de producción:**

Existen varias definiciones importantes de costos de producción, entre ellos se destacan: “El costo es el efectivo o un valor equivalente de efectivo sacrificado por productos y servicios que se espera que aporten un beneficio presente o futuro a una organización. Hablamos de un equivalente de efectivo porque los activos que no representan efectivo pueden ser intercambiados por los bienes o servicios deseados” (Hansen, 2007). “Los costos de producción (también llamados costos de operación) son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. En una compañía estándar, la diferencia entre el ingreso (por ventas y otras entradas) y el costo de producción indica el beneficio bruto” (Casilla, 2014).

Otra definición importante de los costos de producción es la de (Heizer, 2007), “Los costos se definen como el valor sacrificado para que una organización mantenga y consiga los

recursos necesarios para la producción de bienes y servicios que necesariamente generan un beneficio futuro, así como los ingresos que debe proporcionar, a los proveedores de recursos, por el uso de los factores de producción”.

“Son los rubros que son usados directa e indirectamente en la producción de un bien o servicio. Los costos de producción son directos e indirectos. De manera general para la elaboración de las curvas de costos en el corto plazo, se involucran a los: costos fijos. Costos variables, costos marginales o incrementales. El análisis de costos y el control de estos es una función, cuyo objetivo es mantener a la empresa en una posición económica satisfactoria” (Enciclopedia de Costos. México.2002).

Los costos de producción es el valor monetario invertido para producir una unidad de producto terminado o servicio entregado, entre ellos se destacan el costo de mano de obra, de materia prima, maquinaria, insumos y gastos directos e indirectos de fabricación.

### **Desperdicio:**

Según varios autores el desperdicio o despilfarro se define: Desperdicios, definidos estos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de “desperdicios” que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos (Hernández J. C., 2013). El desperdicio según lo define el ex presidente de Toyota, Fujio Cho, es “cualquier cosa que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas y obreros (horas de trabajo) absolutamente esencial para la producción”. Una definición amplificada de la producción esbelta dada por Fujio Cho identifica siete tipos principales de desperdicio a eliminar de la cadena de suministro: 1) el desperdicio de la sobreproducción, 2) el desperdicio del tiempo de espera, 3) el desperdicio del transporte, 4) el desperdicio del inventario, 5) el desperdicio del procesamiento, 6) el desperdicio del movimiento y 7) el desperdicio de los defectos en los productos (Chase, ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. Producción y cadena de suministros, 2009). Según (Hernández J. C., 2013), los principales desperdicios de la producción industrial son los siguientes:

- Almacenamiento, el almacenamiento de productos presenta la forma de despilfarro más clara porque esconde ineficiencias y problemas crónicos hasta el punto en que los expertos han denominado al stock la “raíz de todos los males”.

- Sobreproducción, el desperdicio por sobreproducción es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o de invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria. La sobreproducción es un desperdicio crítico porque no incita a la mejora ya que parece, que todo funciona correctamente.
- Tiempo de espera, el desperdicio por tiempo de espera es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o un proceso ineficiente. Los procesos mal diseñados pueden provocar que unos operarios permanezcan parados.
- Transporte y movimientos innecesarios, el desperdicio por transporte es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario.
- Defectos, rechazos y reproceso, el despilfarro derivado de los errores es uno de los más aceptados en la industria aunque significa una gran pérdida de productividad porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez. (Hernández J. C., 2013), reproceso, acción tomada sobre un producto no conforme para que cumpla con los requisitos (ISO 9000, 2005).

El desperdicio se resume como la cantidad de recursos invertidos no necesarios para producir un bien o servicio, cuyo perjuicio es el encarecimiento del costo de producción, por ende, una baja productividad del sistema productivo, la medición de la productividad industrial de un sistema productivo reflejara el nivel de utilización de los recursos y los desperdicios de los mismos.

#### **2.4.2. Marco conceptual de la variable dependiente**

##### **Mejora continua**

Según (Pulido, 2005), la mejora continua es consecuencia de una forma ordenada de administrar y mejorar los procesos, identificando causas o restricciones, estableciendo nuevas ideas y proyectos de mejora, llevando a cabo planes, estudiando y aprendiendo de los resultados obtenidos y estandarizando los efectos positivos para proyectar y controlar el nuevo nivel de desempeño. La organización Internacional de Normalización con sus

siglas en inglés (ISO) define a la mejora continua como “actividad recurrente para aumentar la capacidad para cumplir los requisitos, entendiéndose como requisito a expresión en el contenido de un documento formulando los criterios a cumplir a fin de declarar la conformidad con el documento, y para los que no se permite ninguna desviación (ISO 9000, 2005). “La mejora continua de la capacidad y resultados, debe ser el objetivo permanente de la organización”, (Hernández, 2010), según (López, 2011) “es ser una herramienta de mejora para cualquier proceso o servicio, la cual permite un crecimiento y optimización de factores importantes de la empresa que mejoran el rendimiento de esta en forma significativa”.

### **Control de desviaciones**

Según (Llanos, 2011) el control de desviaciones o de la producción se refiere esencialmente a “vigilar que se haga como se planeó, es decir, el control se refiere a la verificación para que se cumpla con lo planeado, reduciendo a un mínimo las diferencias del plan original, por los resultados y práctica obtenidos”. “Desviaciones, alteración de las condiciones normales de funcionamiento, la aplicación de medidas para subsanar las desviaciones se denominan acciones correctivas o de control (Benjamín, 2009). Cabe mencionar el concepto de control, entendiéndose como “acción de verificar el logro de los objetivos que se establecen en la planeación” (García, 2015). Otro concepto que hace referencia al control de desviaciones es de corrección, definida como “la acción y aplicación de medidas para eliminar las desviaciones o no conformidades con relación a los estándares o indicadores. Una desviación o no conformidad es la diferencia entre el desempeño real y el estándar deseado” ( Seguí & Medina , 2013). Podemos definir el control de producción o desviaciones, como "la toma de decisiones y medidas que son necesarias para corregir el desempeño de un proceso, de modo que se iguale o tienda a igualarse al objetivo marcado".

### **Rendimiento del sistema productivo**

Entendiéndose como rendimiento a la “comparación de la producción obtenida con la que se hubiese obtenido si se hubiese respetado el tiempo de ciclo teórico, sería la proporción entre el resultado que se obtiene y los medios que se emplearon para alcanzar al mismo” (Romo, 2012).

“Si se realiza un seguimiento continuo del rendimiento y se eliminan las causas de su reducción se puede entrar en un ciclo de mejora continua de gran rentabilidad para la empresa” (Centro Europeo de empresas innovadoras, 2008).

Empresarialmente hace referencia al resultado deseado efectivamente obtenido por cada unidad que realiza la actividad, donde el término unidad de producto terminado o en proceso, es un indicador utilizado para establecer el grado de desempeño de un proceso productivo.

## **Productividad**

Según varios autores del contexto internacional la productividad se define de la siguiente manera:

Productividad: cociente entre producción (bienes y servicios) y uno o más factores productivos (como mano de obra, capital o gestión) (Heizer, 2007).

La productividad es una medida que suele emplearse para conocer qué tan bien están utilizando sus recursos (o factores de producción) un país, una industria o una unidad de negocios. En este sentido amplio, la productividad se define como:

Productividad = Salidas/Entradas (Chase, ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. Producción y cadena de suministros, 2009)

La productividad es el empleo óptimo, con el mínimo posible de mermas, de todos los factores de la producción (y no solamente de la mano de obra, que es el que generalmente más se tiene en cuenta, quizás por su más fácil control), para obtener la mayor cantidad de producto de esos insumos, en las cantidades planificadas, con la calidad debida, en los plazos acordados (Arnoletto, 2006).

Según una definición general, 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. Una productividad mayor significa la obtención de más con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo. Esto se suele representar con la fórmula:  $\text{Producto/insumo} = \text{productividad}$  (Prokopenko, 1989).

La productividad se entiende por la relación entre lo producido y los medios empleados, por lo tanto se mide entre el cociente entre resultados logrados entre recursos empleados, la productividad suele separarse en dos indicadores, la eficiencia y la eficacia (Pulido H. , Control estadístico de calidad y seis sigma, 2009).

Eficiencia: Nivel de utilización de los recursos empleados para producir una unidad (Unidades/recurso invertido).

Eficacia: Grado de cumplimiento de metas y objetivos establecidos (Unidades producidas/unidades planificadas).

Productividad = Producto de la Eficiencia y la Eficacia (Pulido H. , Control estadístico de calidad y seis sigma, 2009).

Eficiencia significa hacer algo al costo más bajo posible, en términos generales la meta de un proceso eficiente es producir un bien o prestar un servicio utilizando la menor cantidad posible de insumos. Eficacia significa hacer lo correcto a efecto de crear el valor máximo posible para la compañía, (Chase, ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. Producción y cadena de suministros, 2009).

EPA (Agencia Europea de Productividad). Productividad es el grado de utilización efectiva de cada elemento de producción. Es sobre todo una actitud mental. Busca la constante mejora de lo que existe ya. Está basada sobre la convicción de que uno puede hacer las cosas mejor hoy que ayer, y mejor mañana que hoy. Requiere esfuerzos continuados para adaptar las actividades económicas a las condiciones cambiantes y aplicar nuevas técnicas y métodos. Es la firme creencia del progreso humano. Productividad = Utilización adecuada de los recursos (eficiencia) X el Cumplimiento de metas y objetivos (eficiencia).

La productividad de múltiples factores se calcula combinando las unidades de entrada como se muestra a continuación:  $productividad = salida / (mano\ de\ obra + capital + material + energía + otros...)$  (Heizer, 2007).

La productividad es un indicador cuya medición refleja el rendimiento de un sistema de producción industrial, relacionando las unidades producidas o servicios prestados y los recursos utilizados para dicha producción (materiales, mano de obra, maquinaria, insumos, pagos por servicios, entre otros).

## 2.5. HIPÓTESIS

La reducción del desperdicio incrementa la productividad línea de confección textil de la empresa TABBY SPORT.

## 2.6. VARIABLES

### 2.6.1. Variable independiente

- Desperdicio

**Tabla 1: Conceptualización de las variables independientes.**

Concepto	Definición	Bibliografía
Desperdicio	Actividades sin valor agregado tales como laborar productos defectuosos; cargos por el exceso de inventario debidos al proceso de trabajo y al inventario de los bienes terminados; la transportación excesiva interna y externa de productos, unidades con falla, productos defectuosos, sobre-producción y el tiempo ocioso del equipo o los trabajadores debido al mal equilibrio de los pasos del trabajo en el proceso secuencial.	Gryna, (2007)
	Desperdicio o despilfarro, actividades que consumen tiempo, recursos y espacio, pero no contribuyen a satisfacer las necesidades del cliente (no aportan valor al cliente).	Carreras, (2010)
	Se denomina desperdicio a toda aquella operación que no añade valor al producto, las tareas consideradas como desperdicio pueden suponer mayor consumo de recursos que las que añaden valor al producto, en algunos casos aunque la tarea se necesaria.	Centro Europeo de empresas innovadoras, (2008)
	Cualquier cosa o actividad que genera costos pero que no agrega valor al producto se considera un desperdicio o muda. En Ohno (1988) se identifican siete tipos de desperdicio: sobreproducción, esperas, transportación, sobre-procesamiento, inventarios, movimientos y re-trabajos.	Pulido, (2010)

**Elaborado por:** El autor

## 2.6.2. Variable dependiente

- Productividad

**Tabla 2: Conceptualización de la variable independiente**

Concepto	Definición	Bibliografía
Productividad	La Productividad en todo sistema de operación de bienes o servicios obedece a la relación que guardan los resultados obtenidos para con los recursos empleados en el logro de los mimos.	Instituto Tecnológico de Sonora , (2012)
	Productividad es la relación entre lo producido y los medios empleados, en el caso de trabajar en la producción de elementos que tienen la misma carga de trabajo en horas-hombre, resulta útil utilizar este indicador.	Centro Europeo de empresas innovadoras (2008)
	La productividad también puede definirse como la relación entre los resultados y el tiempo que lleva conseguirlos. El tiempo es a menudo un buen denominador, puesto que es una medida universal y está fuera del control humano. Cuanto menor tiempo lleve lograr el resultado deseado, más productivo es el sistema (Prokopenko, 1989).	Prokopenko, J. (2012)
	La productividad puede ser definida como la relación entre la producción obtenida y los insumos utilizados, La productividad se refiere a hacer más con menor esfuerzo y de la manera más inteligente.	Munch, (2007)
	La productividad concierne a la capacidad para elaborar la producción de manera eficiente, puesto que trata en específico de la relación entre la producción final y los insumos que se utilizan para obtenerla. Por lo general se utilizan diferentes combinaciones o mezclas de insumos para elaborar un nivel de producción determinado.	Hansen, (2007)



	<p>La productividad es el cociente de producto vendible dividido entre los recursos utilizados. Los recursos incluyen mano de obra, materia prima y capital. Cualquiera de éstos (o el total) puede ser el denominador en la razón de productividad.</p>	<p>Gryna, (2007)</p>
--	--	----------------------

**Elaborado por:** El autor

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Se empleará un enfoque cuantitativo<sup>1</sup>, utilizando la medición y el análisis de datos para contestar preguntas de la investigación y probar la hipótesis establecida previamente, confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población.

El peso más importante y enfoque más importante utilizara los métodos cuantitativos justificando el método para resolver el problema identificado en la empresa TABBY SPORT.

#### 3.2. MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN

##### **Según su finalidad**

La modalidad de investigación es aplicada<sup>2</sup>, ya que se realizará mediante el análisis y aplicación métodos reconocidos, para mejorar la productividad industrial, basados en principios administrativos de cadena de suministro, administración de la producción, investigación de operaciones e ingeniería industrial.

##### **Según la fuente de información**

Investigación documental o bibliografía, busca información para identificar, justificar el problema y obtener el marco conceptual para la resolver el problema identificado.

##### **Documental y bibliográfica:**

Se utiliza referencias bibliografías de libros y revistas de artículos científicos relacionados con el tema.

---

<sup>1</sup> Gómez (2006), señala que, bajo el enfoque cuantitativo, la recolección de datos es equivalente a medir.

<sup>2</sup> E-Cultura Group (2016), proceso que busca transformar el conocimiento básico, es decir teórico, en conocimiento práctico y útil

### **Investigación de campo:**

La investigación de campo ayudará a que se propicie el acercamiento a la realidad, al involucrarse con la empresa y principalmente, de su línea de producción, para recolectar información relevante para el desarrollo del presente trabajo de investigación, permaneciendo en contacto con los principales elementos: mano de obra, maquinaria, movimiento de materiales, etc.

### **3.3. NIVEL TIPOS DE INVESTIGACIÓN**

Para la ejecución de la presente investigación se aplicará los modelos de investigación:

Exploratoria: Para fines de la investigación se presenta una visión general de la composición de la línea de confección textil y sus principales subprocesos y elementos.

Descriptiva: En esta instancia se establece los principales indicadores de desempeño de la línea de confección textil de acuerdo a las variables definidas en el presente estudio que forma parte de la productividad y desperdicios.

Explicativa: En este nivel define, a través del muestreo, la medición y el uso de la simulación de procesos, el comportamiento matemático de las variables involucradas, como son la productividad y desperdicios, así como la identificación de mejoras y la aplicación de las herramientas necesarias para aumentar la productividad.

Correlacional: se verifica la relación entre la variable dependiente, productividad y la variable independiente, productividad, así como el impacto de la implementación de herramientas de mejora.

### **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA**

Se determinó y analizó la productividad actual y los principales desperdicios generados en el proceso de confección de prendas de vestir de la empresa en estudio, durante una semana laboral, se conoce según registros históricos del área de producción de la empresa, que las corridas de producción semanales (pedidos) fluctúan entre 70 y 80, por ende, no se calcula una muestra y se tomara como base de datos para el estudio el total de la población.

Población: Para el presente estudio se considera el siguiente conjunto de poblaciones:

- Número de ejecución de sub-procesos de producción por mes, con el fin de determinar el tiempo estándar de la línea de producción y de cada subproceso de acuerdo al tiempo promedio observado (requisito indispensable para realizar la simulación del proceso de producción de camisetas, asistido por computador.
- Número de unidades defectuosas por mes, para establecer el % de unidades defectuosas de la línea de producción.
- Número de unidades reprocesadas en un mes, para establecer el % de unidades reprocesadas de la línea de producción.

Muestra: Se aplicará la siguiente fórmula para determinar el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot (1 - q)}{e^2}$$

Dónde :

n = tamaño de la muestra

z = número de desviaciones estándar, de acuerdo a un nivel de confianza

e = error esperado

p = proporción de acierto

El tipo de muestreo utilizado es, muestreo aleatorio simple, sin reposición, para los tres casos.

### **3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

#### **HIPÓTESIS**

La reducción del desperdicio mejora la productividad línea de confección textil de la empresa TABBY SPORT.

Variable independiente – desperdicios

**Tabla 3: Operacionalización de las variables independientes.**

<b>Concepto</b>	<b>Dimensión o categoría</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>
Desperdicio, todo aquello que no añade valor al producto o que no es absolutamente esencial para fabricarlo, (Fundación EOI, 2013)	Almacenamiento o inventario	Cantidad de unidades en bodegas de producto terminado (Q en bodega).	Mapa de cadena de valor actual y deseado.
	Sobre-producción	Cantidad de unidades producidas no requeridas (Q - Q no requeridas).	
	Tiempos de espera	Tiempo invertido en las ejecución de (Tiempo de espera).	
	Transportes o movimientos innecesarios	Movimiento o manipulación innecesario de material o producto semielaborado Numero de transportes de producto-número de productos.	
	Defectos	Unidades que no cumplen con los requisitos del cliente o especificaciones del diseño (Q unidades defectuosas).	
	Reproceso	Unidades que necesitan ser procesadas nuevamente con el fin de cumplir con los requisitos del cliente o especificaciones del diseño (Q unidades reprocesadas).	
*Q: Número de unidades			

**Elaborado por:** El autor

Variable dependiente – productividad

**Tabla 4: Operacionalización de la variable dependiente.**

<b>Concepto</b>	<b>Dimensión o categoría</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>
Productividad	Productividad (P)	$P = \frac{\text{Unidades vendidas (\$)}}{\text{Costo de producción (\$) (Mano de Obra + Materiales + Energía + Capital + Otros)}}$	Cálculos matemáticos

**Elaborado por:** El autor

Una vez aplicada las encuesta, observación y la medición de los procesos productivos se procederá de la siguiente manera:

Se analizará la información y se la tabulará mediante el uso de software estadísticos y hojas electrónicas de cálculo para cuantificar la productividad inicial del sistema productiva y los desperdicios, se presentará los resultados en formatos de informes técnicos acordes a la metodología utilizada.

### 3.6. PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para poder alcanzar los objetivos planteados en la investigación, se plantea el siguiente esquema:

**Tabla 5: Preguntas y respuestas, recolección de la información.**

<b>PREGUNTAS</b>	<b>EXPLICACIÓN</b>
¿Para qué?	Identificar los desperdicios de la línea de producción.
¿A qué personas, sujetos o procesos?	Al proceso de confección de tela y los recursos inmersos para producir una corrida de producción.
¿Sobre qué aspectos?	Indicadores (Operacionalización de variables). Mejorar la productividad de la línea de producción.
¿Quién?	La persona encargada de recolectar la información (Investigador).
¿Cuándo?	La recolección de la información será constante, se inicia desde la búsqueda del problema objeto de estudio, hasta la culminación del proceso investigativo.
¿Lugar de recolección de la información?	Empresa textil TABBY SPORT.
¿Cuántas veces?	Las veces necesarias.

¿Con qué?	Se elaborará un cuestionario.
¿En qué situación?	Proceso de confección de las prendas.

**Elaborado por:** El autor

### 3.7. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

**Tabla 6: Plan de recolección de la información, técnicas de investigación e instrumentos de recolección de la información.**

TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
1.- Información secundaria 1.1 Lectura científica  2. Información primaria 2.1 Observación y medición 2.2 Simulación de procesos	Libros de gestión cadena suministro, lean manufacturing, producción y operaciones.  Revistas de investigación de mejoramiento de productividad y técnicas cuantitativas aplicables.  Medición de la utilización de los principales recursos utilizados para la producción de prendas: tiempo estándar de producción, porcentaje de unidades reprocesados y defectuosas.  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Software de simulación</li> </ul>

**Elaborado por:** El autor



## **CAPÍTULO IV**

### **4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Previo al análisis de resultados se utilizó el software de simulación de procesos industriales “Flexsim” (versión de prueba) con el fin de obtener la base de datos requeridos para el estudio, a través de la construcción de dos escenarios de simulación:

- Escenario de simulación No. 1: Estado inicial del proceso de producción.
- Escenario de simulación No. 2: Mejora del proceso de producción.

Según Marmolejo, 2013 las etapas definidas para alcanzar conocimientos válidos en un proyecto de simulación son:

1. Formulación del problema.
2. Colocación de objetivos y el plan del proyecto global.
3. Conceptualización del modelo.
4. Recolección y procesamiento de datos.
5. Construcción del modelo.
6. Verificación.
7. Validación.
8. Diseño de experimentos.
9. Producción de corridas de simulación y análisis.
10. Corridas adicionales.
11. Puesta en marcha del modelo.

Se estructuró la simulación del proceso de producción de prendas de vestir de acuerdo a las etapas requeridas:

### **Etapas 1: Formulación del problema.**

Se carece de una medición y registro de las variables requeridas en la empresa, en consecuencia, se desconoce los niveles de desperdicios y productividad durante la ejecución del proceso de producción de prendas de vestir:

- Unidades en inventario en promedio por cada estación de trabajo.
- Las unidades consideradas como sobre producción.
- Transporte en metros del inventario en proceso y terminados.
- El número de unidades con falla.
- El número de Unidades reprocesadas.
- Tiempo de espera por cada estación de trabajo.
- Las unidades producidas.
- La productividad del sistema.

### **Etapas 2: Colocación de objetivos y el plan del proyecto global.**

Generar las bases de datos requeridas para los 2 escenarios de producción planteados con las variables requeridas: los niveles de desperdicios y la productividad durante la ejecución del proceso de producción de prendas de vestir.

### **Etapas 3: Conceptualización del modelo.**

Se utilizó el diagrama de flujo de procesos para conceptualizar el modelo del sistema de producción actual:

#### **Proceso de producción**

*Nombre del proceso: Producción de camisetas*

**Tipo de proceso:** Lineal, el producto se mueve a través de la planta.

**Caracterización:** Flujo continuo, niveles de inventarios en cada subproceso, existe un control de calidad al final de los subprocesos No. 4 y No. 6, existen productos defectuosos y re-procesos.

**Enfoque de producción:** sistema de producción por empuje.

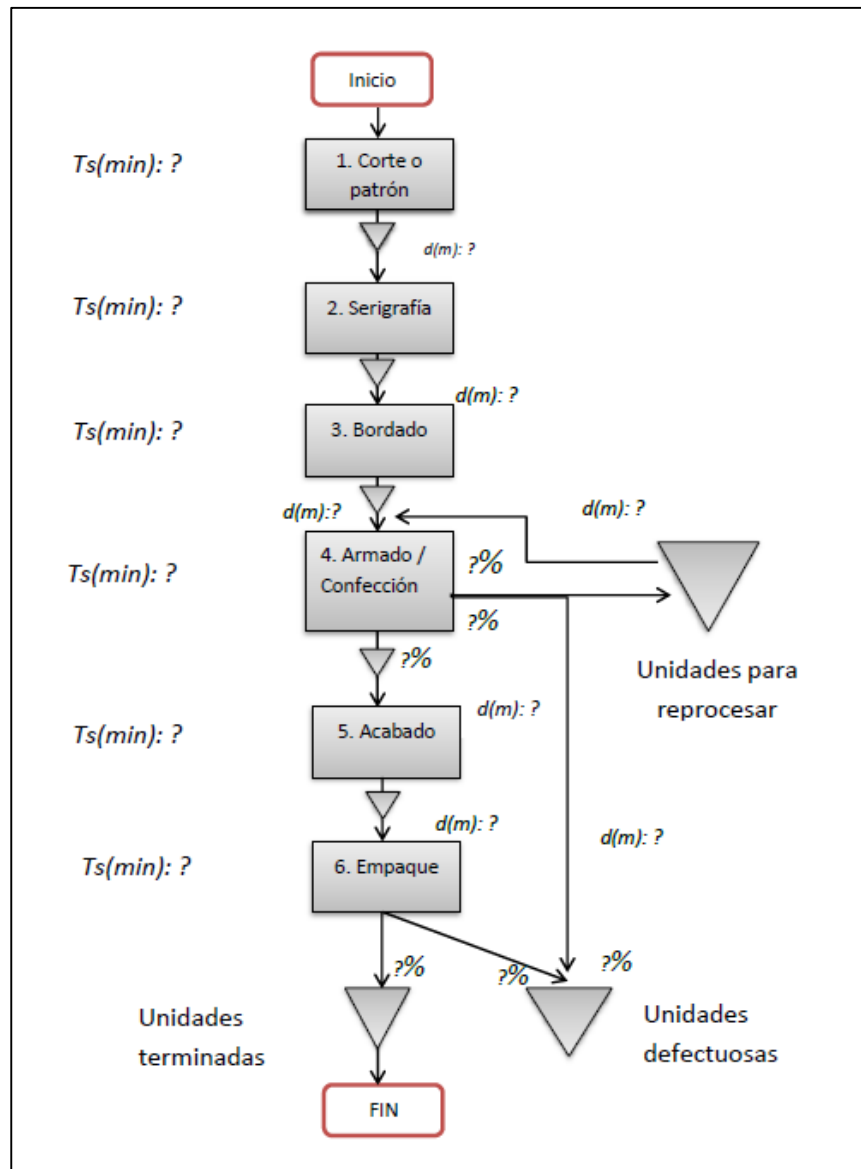
**Descripción:**

**Alcance:** Desde el tendido de tela hasta el empaque de la camiseta.

**Unidad:** 1 Docena de unidades empacadas de camisetas.

**Producto final:** camisetas.

**Ilustración 3: Diagrama de procesos, línea de producción textil actual.**



SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	Subproceso
	Dirección del material/producto
	Almacenamiento/inventario
Ts (min):	Tiempo estándar expresado en minutos
d(m):	Distancia expresada en metros
%	Porcentaje de unidades

\*Simbología utilizada: BPMN (Business Process Modeling Notation), modelo 2013

**Elaborado por:** El autor

#### Etapa 4: Recolección y procesamiento de datos.

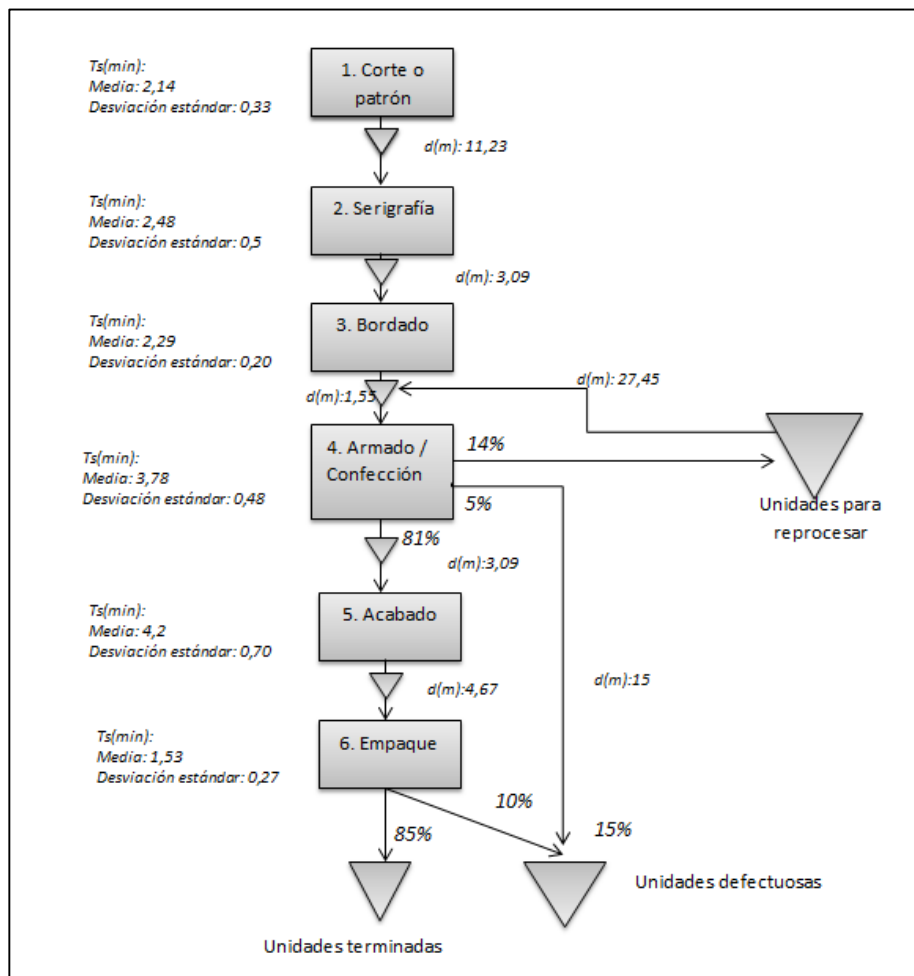
Para recolectar los datos requeridos se utilizó las siguientes herramientas:

- Datos históricos de producción.
- Estudio de tiempos.
- Mediciones puntuales.

Consiguiendo así los datos requeridos previo a la construcción del modelo de simulación para los dos escenarios, como se muestran en los siguientes diagramas de flujo:

Datos del Escenario de simulación No. 1:

**Ilustración 4: Diagrama de procesos, línea de producción textil actual, Escenario de simulación No. 1, datos relevantes.**



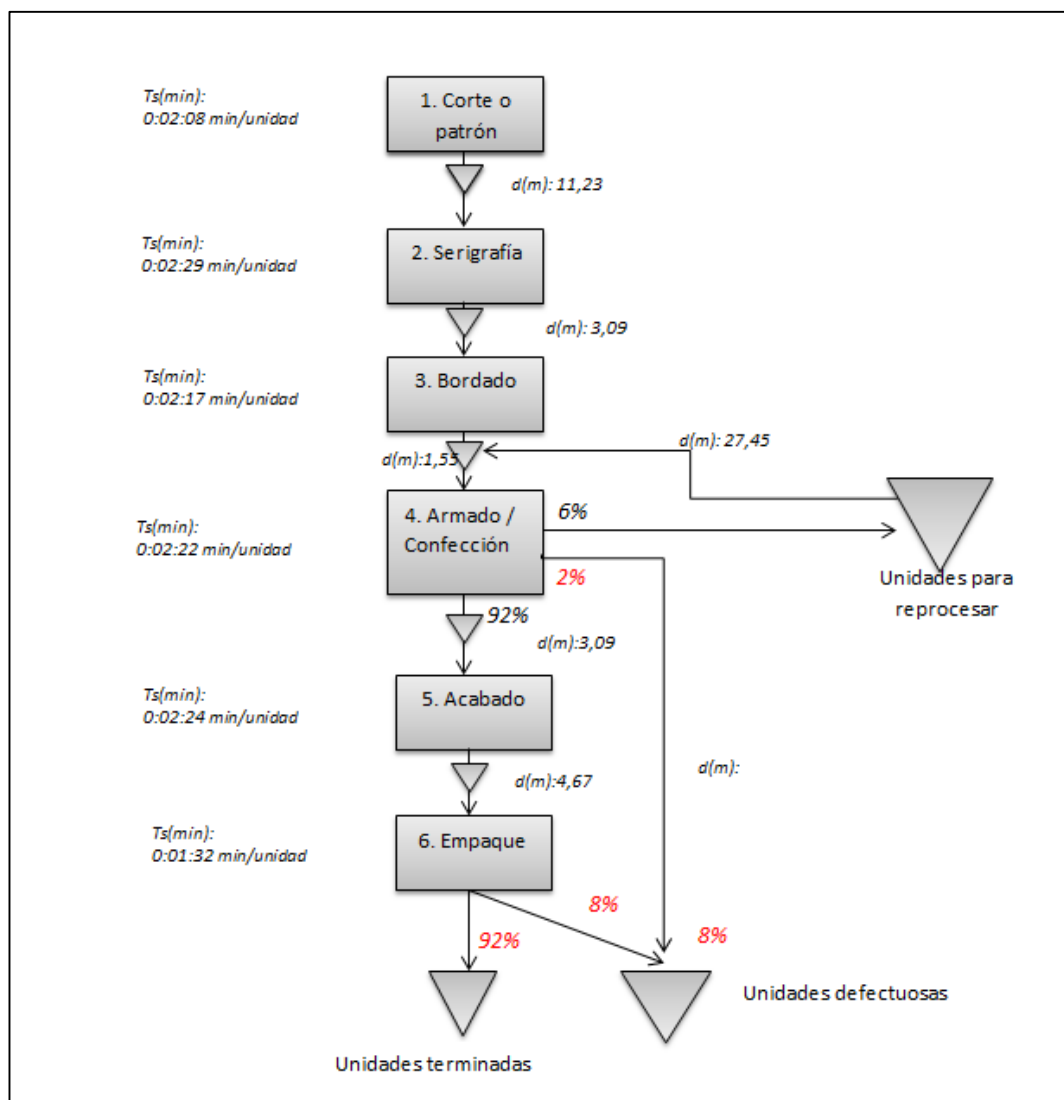
SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	Subproceso
	Dirección del material/producto
	Almacenamiento/inventario
Ts (min):	Tiempo estándar expresado en minutos
d(m):	Distancia expresada en metros
%	Porcentaje de unidades




\*Simbología utilizada: BPMN (Business Process Modeling Notation), modelo 2013

Elaborado por: El autor

Datos del Escenario de simulación No. 2:

**Ilustración 5: Ilustración 4: Diagrama de procesos, línea de producción textil actual, Escenario de simulación No. 2, datos relevantes**



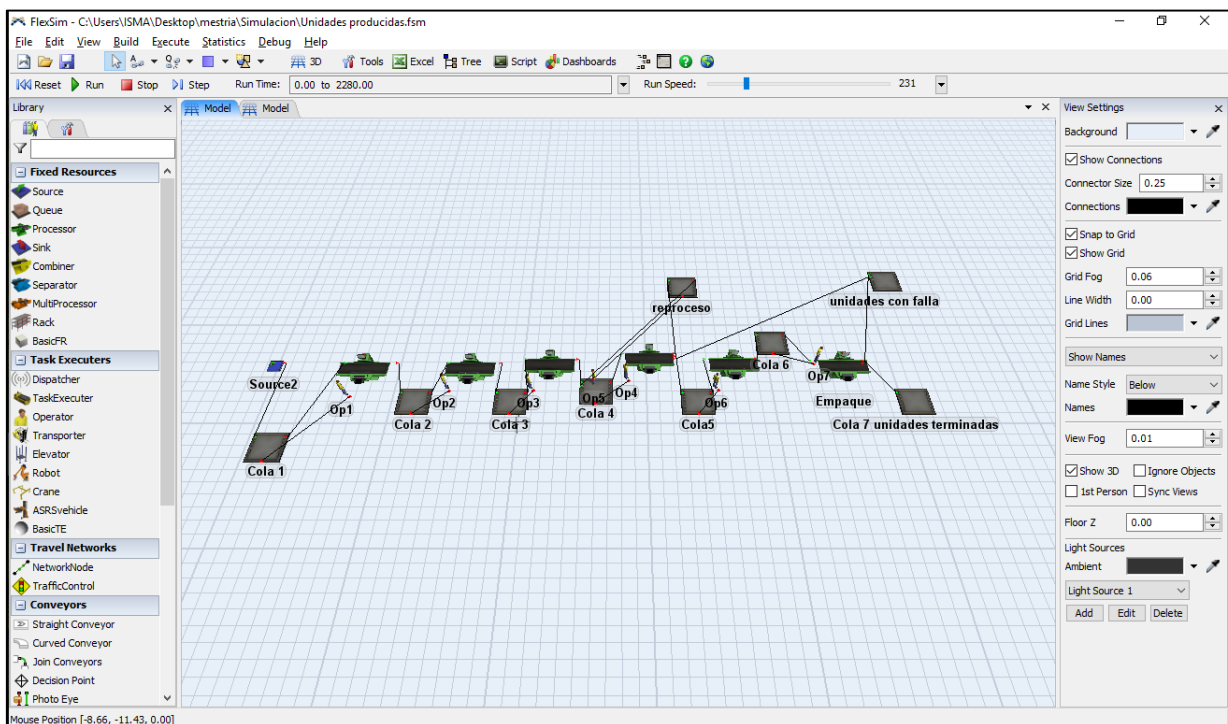
SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	Subproceso
	Dirección del material/producto
	Almacenamiento/inventario
Ts (min):	Tiempo estándar expresado en minutos
d(m):	Distancia expresada en metros
%	Porcentaje de unidades

**Elaborado por:** El autor

### **Etaapa No. 5: Construcción del modelo de simulación.**

En esta etapa se construye el entorno de simulación e ingreso los datos en los componentes insertados en el software de simulación de procesos Flexsim:

**Ilustración 6: Construcción del modelo de simulación, software Flexsim.**



**Elaborado por:** El autor, software Flexsim

**Tabla 7: comparación, Escenario de simulación No. 1 y Escenario de simulación No. 2.**

<b>Escenario de simulación No. 1</b>	<b>Escenario de simulación No. 2</b>
<b>Tipo de sistema de producción:</b> Lineal, multidireccional (unidades reprocesadas).	<b>Tipo de sistema de producción:</b> Lineal, multidireccional (unidades reprocesadas).
<b>Numero de procesos o estaciones de trabajo:</b> 6	<b>Numero de procesos o estaciones de trabajo:</b> 6
<b>Numero de amortiguadores o almacenamiento de inventario (colas):</b>  Inventario en proceso: 8  Inventario terminado: 1	<b>Numero de amortiguadores o almacenamiento de inventario:</b>  Inventario en proceso: 8  Inventario terminado: 1
<b>Estaciones de trabajo:</b> Corte/patrón, serigrafía, bordado, confección, acabado, empaque.	<b>Estaciones de trabajo:</b> Corte/patrón, serigrafía, bordado, confección, acabado, empaque.
<b>Numero de generadores de unidades en el sistema:</b> 1	<b>Numero de generadores de unidades en el sistema:</b> 1
<b>Tiempos de producción (minutos):</b>  Corte/patrón: 2,14  Serigrafía: 2,49  Bordado: 2,30  Confección: 3,79	<b>Tiempos de producción (minutos):</b>  Corte/patrón: 2,13  Serigrafía: 2,48  Bordado: 2,28  Confección: 2,37



Acabado: 4,20 Empaque: 1,54	Acabado: 2,40 Empaque: 1,53
<b>Distancia entre estaciones de trabajo (metros):</b>  De Corte/patrón a Serigrafía: 11,23  De Serigrafía a Bordado: 3,09  De Bordado a Confección: 1,55  De Confección a Acabado: 3,9  De Acabado a Empaque: 4,67  De Armado a Inventario de Unidades a Reprocesar: 27,45  De Armado a Inventario de Unidades Defectuosas: 15	<b>Distancia entre estaciones de trabajo (metros):</b>  De Corte/patrón a Serigrafía: 8  De Serigrafía a Bordado: 4  De Bordado a Confección: 1  De Confección a Acabado: 2,5  De Acabado a Empaque: 4  De Armado a Inventario de Unidades a Reprocesar: 20  De Armado a Inventario de Unidades Defectuosas: 6
<b>Porcentaje de unidades reprocesadas:</b> 14%	<b>Porcentaje de unidades reprocesadas:</b> 6%
<b>Velocidad de transporte de materiales:</b>  120 metros / minuto (predeterminado por el software)	<b>Velocidad de transporte de materiales:</b>  120 metros / minuto (predeterminado por el software)
<b>Porcentaje de unidades defectuosas:</b>  15% de las unidades elaboradas en el proceso de empaque.	<b>Porcentaje de unidades defectuosas:</b>  8% de las unidades elaboradas en el proceso de empaque.

5% de las unidades de salida del proceso de Armado/confección.	3% de las unidades de salida del proceso de Armado/confección.
--	--

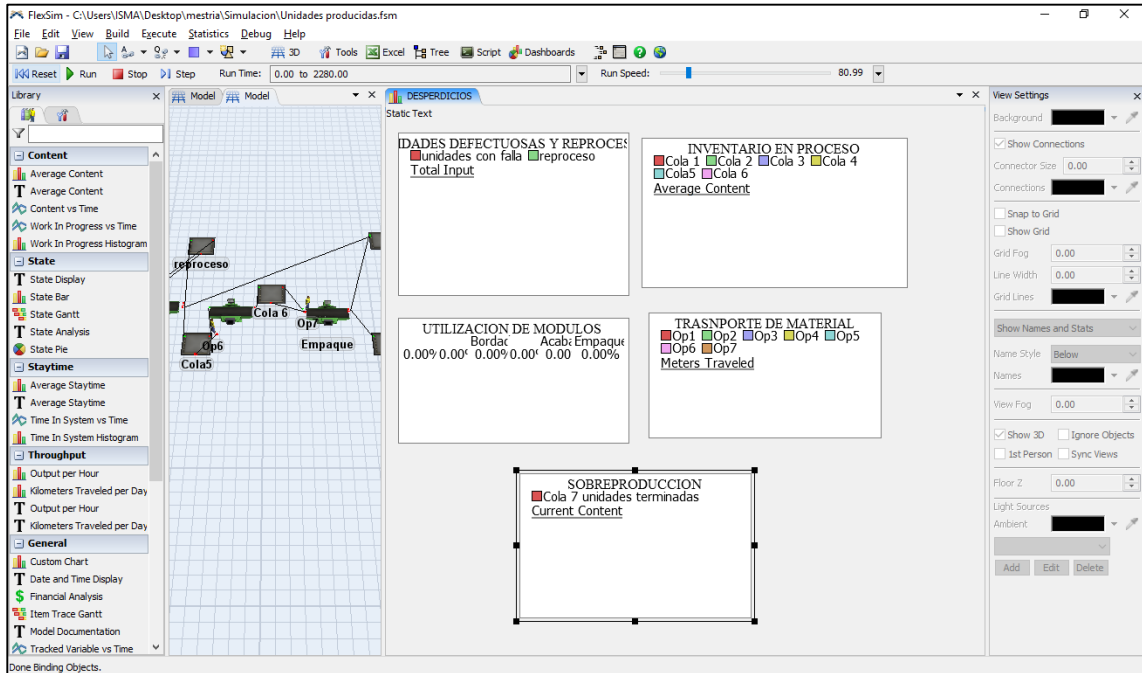
**Elaborado por:** El autor

Adicionalmente se agregan al proyecto de simulación en los dos escenarios el visualizador estadístico “Dashboard” que permite visualizar durante el tiempo de simulación las principales variables de cada componente:

Graficas de función de 2 variables:

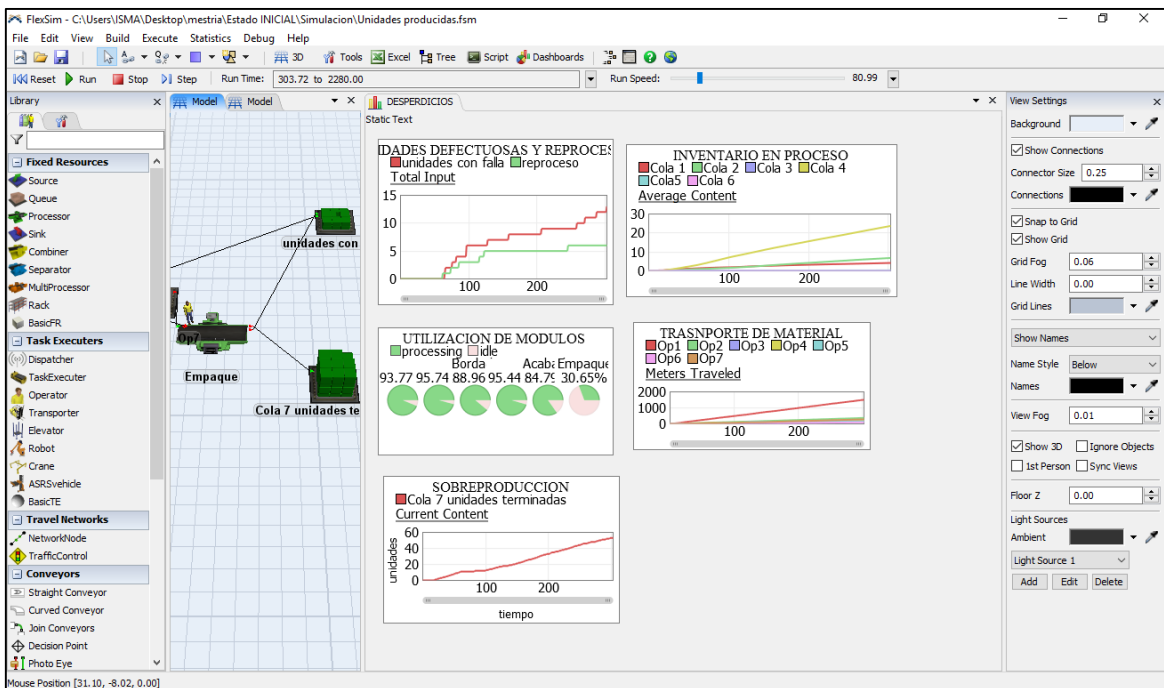
- Tiempo (minutos) y No. de unidades defectuosas.
- Tiempo (minutos) y No. de unidades con falla.
- Tiempo (minutos) y No. de Unidades en inventario en proceso para cada cola (almacenamiento).
- Tiempo (minutos) y No. metros recorrido por cada operador.
- Tiempo (minutos) y No. de Unidades consideradas como sobre producción.

## Ilustración 7: Construcción del modelo de simulación, software Flexsim, agregación de cuadros estadísticos.



Elaborado por: El autor, software FLEXSIM

## Ilustración 8: Ilustración 7: Corrida del modelo de simulación, software Flexsim, simulación en marcha y vista de cuadros estadísticos.



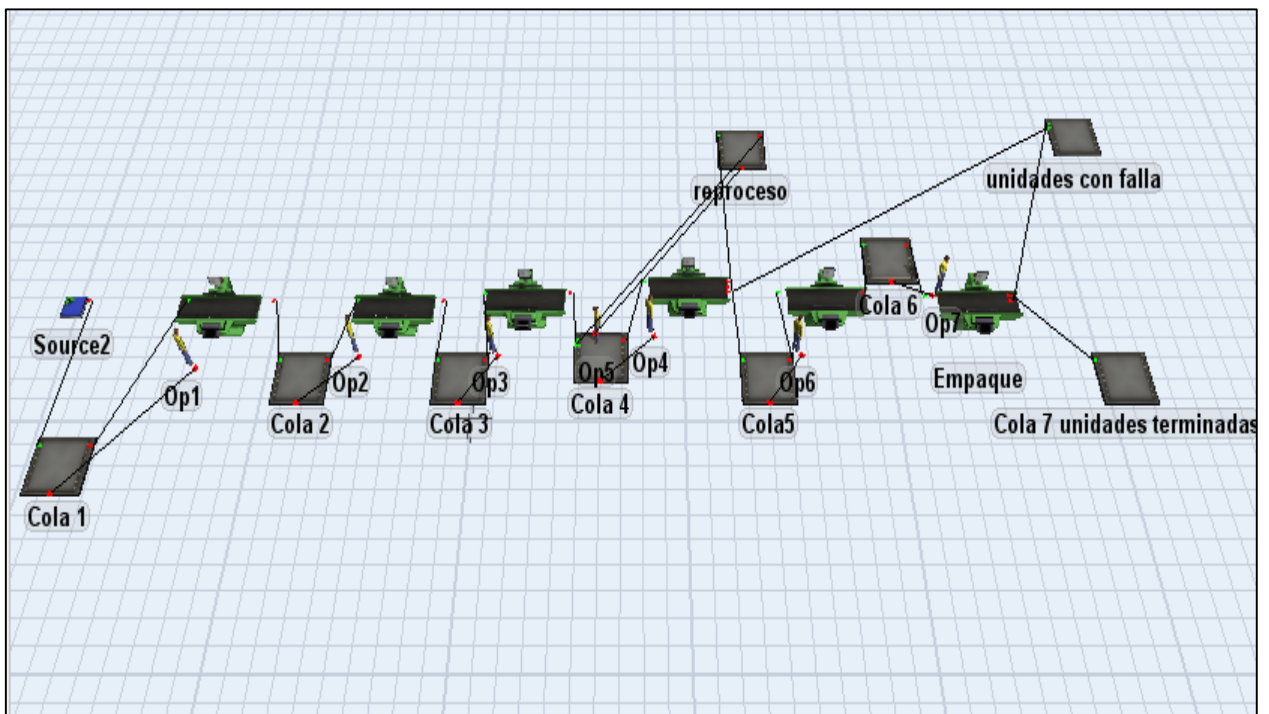
Elaborado por: El autor, software FLEXSIM

## Etapa No. 6 y 7: verificación y validación.

Durante esta etapa se observó las siguientes condiciones de funcionalidad en los dos escenarios de simulación:

- Todos los elementos están conectados entre sí.
- La dirección de las conexiones son las correctas.
- Los datos ingresados son los correctos (tiempo estándar de producción, distancias entre componentes, etc.).
- El número de elementos agregados y existentes son los correctos.

### Ilustración 9: Verificación del modelo de simulación, software Flexsim, conexión y elementos existentes.



Elaborado por: El autor, software FLEXSIM

## Etapa 8: Diseño de experimentos.

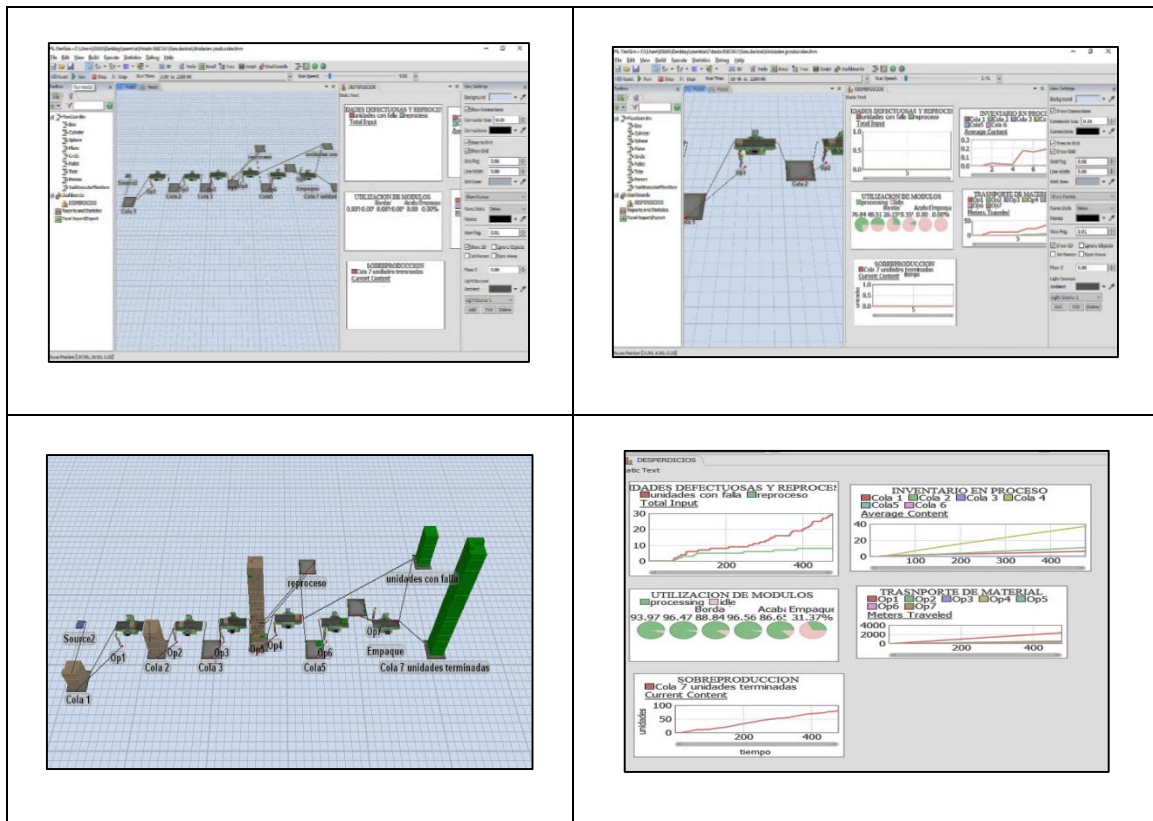
Se programó la simulación bajo las siguientes condiciones para los dos escenarios de simulación:

- Tiempo de simulación: 6 días laborables equivalentes a 2880 minutos (6 días/semana\*8 horas /día\*60 minutos/hora).
- Tipo de sistema de producción: Lineal, multidireccional (unidades reprocessadas).
- Contenido máximo por estación de trabajo en proceso (unidades): 1
- Método de manejo de inventario: Primero en entrar, primero en salir.
- Numero de generadores de unidades en el sistema: 1
- Velocidad de transporte de materiales:120 metros / minuto (predeterminado por el software).

**Etapa No. 9: Realización de corridas de simulación y análisis.**

En esta etapa se realizó la corrida de los dos escenarios de simulación del proceso:

**Tabla 8: Corridas de simulación de procesos**



**Elaborado por:** El autor, software FLEXSIM

**Etapa No. 10 y 11: Corridas adicionales y puesta en marcha del modelo.**

No se observó falencias o errores durante la corrida de la simulación de los dos escenarios, por ende, no es necesario realizar corridas adicionales, razón por la cual se exportó los datos generados en dos archivos de formato Excel:

- Base de datos Escenario de simulación 1.
- Base de datos Escenario de simulación 2.

Los datos obtenidos mediante la simulación de procesos a través del software Flexsim corresponden a las siguientes variables obtenidas son:

- Unidades en inventario en promedio por cada estación de trabajo.
- Las unidades consideradas como sobre producción.
- Transporte en metros del inventario en proceso y terminados.
- El número de unidades con falla.
- El número de Unidades reprocesadas.
- Tiempo de espera por cada estación de trabajo.
- Unidades producidas.

#### **Etapa No. 12: Validación del Escenario de Simulación, frente a la realidad.**

Una vez diseñado el Escenario de simulación No. 1 del proceso de producción textil por computadora, correspondiente al estado actual del proceso, se realiza la comparación del mismo vs la realidad, en una muestra de 4 semanas, con respecto a las unidades producidas, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 9: Validación del Escenario de Simulación, frente a la realidad.**

<b>Escenario de simulación No. 1</b>	<b>Estadística real</b>
No. De unidades producidas:415	No. De unidades producidas:  Semana 1: 412  Semana 2: 417  Semana 3: 420  Semana 4: 200  Semana 5: 409
	Media: 414,50  Desviación estándar: 4,934
Nota: Se excluye el dato correspondiente a la semana No. 4, considerando que existió una falla del sistema eléctrico por parte de la empresa proveedora de este servicio, causa no controlable.	

**Elaborado por:** El autor

Análisis, como se puede observar el No. unidades producidas en el Escenario de simulación No. 1, se aproximan al número de unidades producidas en la realidad, y se valida el Escenario de simulación diseñado.

El análisis de datos se los hace en base a los datos obtenidos a partir de la simulación del proceso productivo, correspondiente a las variables de estudio: desperdicios y productividad.

## **4.2. INTERPRETACIÓN DE DATOS**

### **4.2.1. Interpretación de los desperdicios**

A continuación, se muestra el análisis del comportamiento de las variables definidas como desperdicios, en comparación del escenario de simulación 1 Vs. escenario de simulación No. 2:

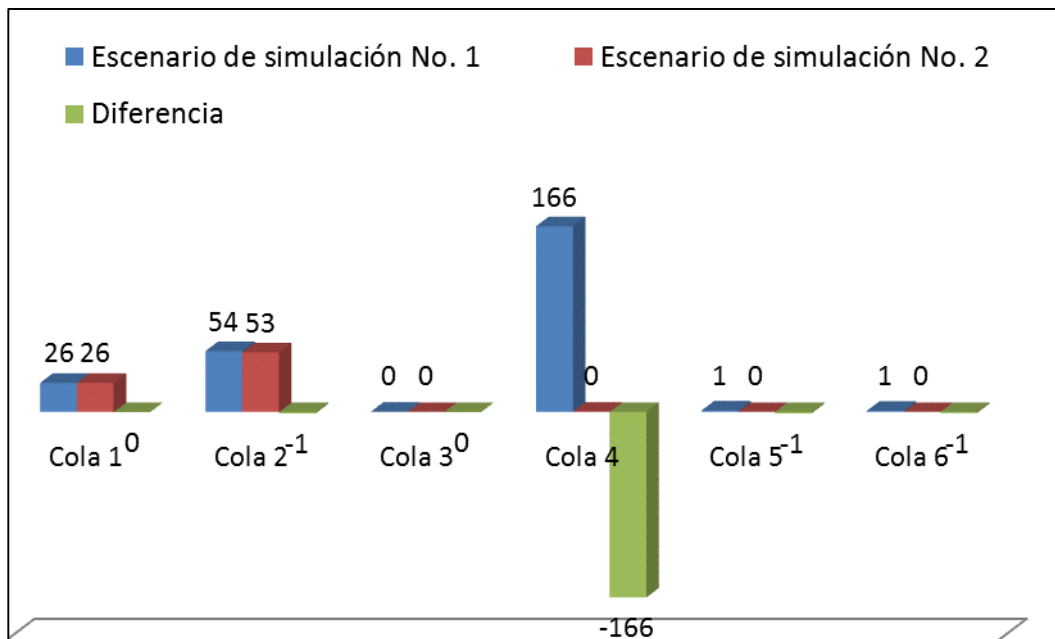
## ALMACENAMIENTO PROMEDIO DE INVENTARIO

**Tabla 10: Comparación, Escenario de simulación 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, Almacenamiento de inventario en proceso.**

ALMACENAMIENTO PROMEDIO DE INVENTARIO (unidades)							
	Cola 1	Cola 2	Cola 3	Cola 4	Cola 5	Cola 6	Total
Escenario de simulación No. 1	26	54	0	166	1	1	249
Escenario de simulación No. 2	26	53	0	0	0	0	80
Diferencia	0	-1	0	-166	-1	-1	-170

**Elaborado por:** El autor

**Ilustración 10: Comparación de Escenario de simulación No. 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, inventario en proceso.**



**Elaborado por:** El autor

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Se puede observar para el Escenario de Simulación No. 1 un total de 249 unidades en promedio almacenadas durante la producción, siendo la cola No. 4 donde se concentran la mayor cantidad de unidades (166) marcando el ritmo de producción (cuello de botella del



sistema productivo), aumentando así el costo de producción por manejo, almacenamiento y ocupación del espacio de dichas unidades, identificando, así como una oportunidad de mejora en el sub-proceso de confección. En el Escenario de producción No. 2 se observa un total de 80 unidades almacenadas en promedio durante la producción, concentrándose la mayor cantidad de unidades en la cola No. 2, correspondiente al subproceso de bordado. Se observa un decrecimiento de 170 unidades de almacenamiento en promedio en el Escenario de Simulación No.2 con respecto al Escenario de Simulación No.1.

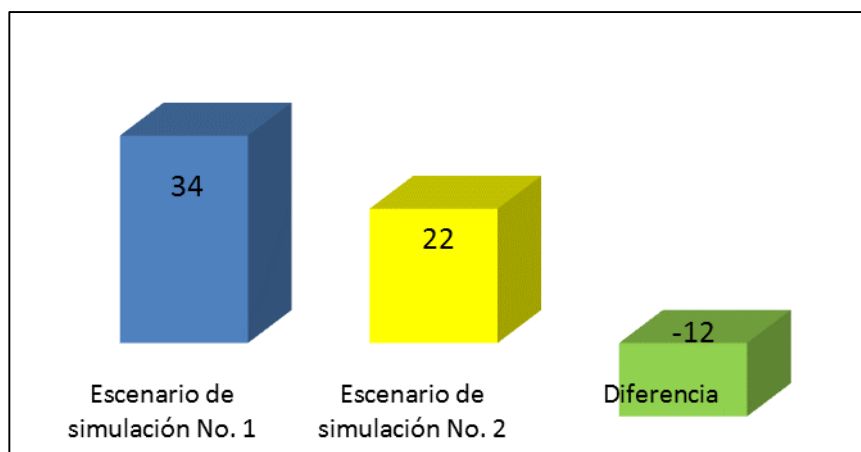
### **SOBREPRODUCCION**

**Tabla 11: Comparación, Escenario de simulación 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, Sobreproducción.**

<b>SOBRE PRODUCCION (unidades)</b>	
Escenario de simulación No. 1	34
Escenario de simulación No. 2	22
Diferencia	-12

**Elaborado por:** El autor

**Ilustración 11: Comparación de Escenario de simulación No. 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, sobreproducción.**



**Elaborado por:** El autor

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Para el Escenario No. 1 de Simulación se puede observar un total de 34 unidades consideradas como sobre producidas, lo que significa un costo de producción no recuperable de las mismas y una oportunidad de mejora, en el Escenario No. 2 de Simulación se observa un total de 22 unidades consideradas como sobre producción, dando así un total de 12 unidades reducidas.

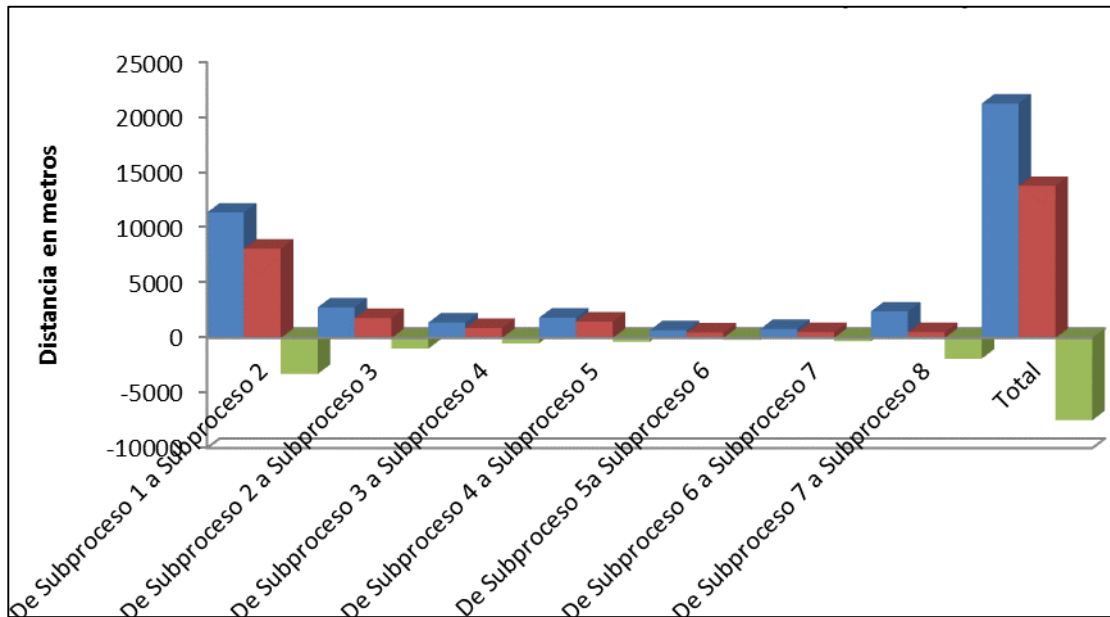
### TRANSPORTE DE PRODUCTO EN PROCESO

**Tabla 12: Comparación, Escenario de simulación 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, Transporte de inventario en proceso.**

TRANSPORTE DE INVENTARIO EN PROCESO (metros)								
	De Subproceso 1 a Subproceso 2	De Subproceso 2 a Subproceso 3	De Subproceso 3 a Subproceso 4	De Subproceso 4 a Subproceso 5	De Subproceso 5a Subproceso 6	De Subproceso 6 a Subproceso 7	De Subproceso 7 a Subproceso 8	Total
Escenario de simulación No. 1	11380	2773	1388	1825	686	817	2405	21275
Escenario de simulación No. 2	8104	1794	895	1472	500	516	518	13799
Diferencia	-3276	-979	-493	-353	-186	-301	-1887	-7475

**Elaborado por:** El autor

**Ilustración 12: Comparación de Escenario de simulación No. 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, transporte de producto en proceso.**



**Elaborado por:** El autor

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Se puede observar para el Escenario de Simulación No. 1 un total de 21275 metros recorridos durante la producción (1 semana), aumentando así el costo de producción debido al tiempo empleado en mover las unidades entre sub-procesos, siendo la disminución de las distancias entre módulos de producción una oportunidad de mejora. En el Escenario de producción No. 2 se observa un total de 13799 metros recorridos durante la simulación de la producción. Se observa un decrecimiento de 7476 metros recorridos en el Escenario de Simulación No.2 con respecto al Escenario de Simulación No.1.

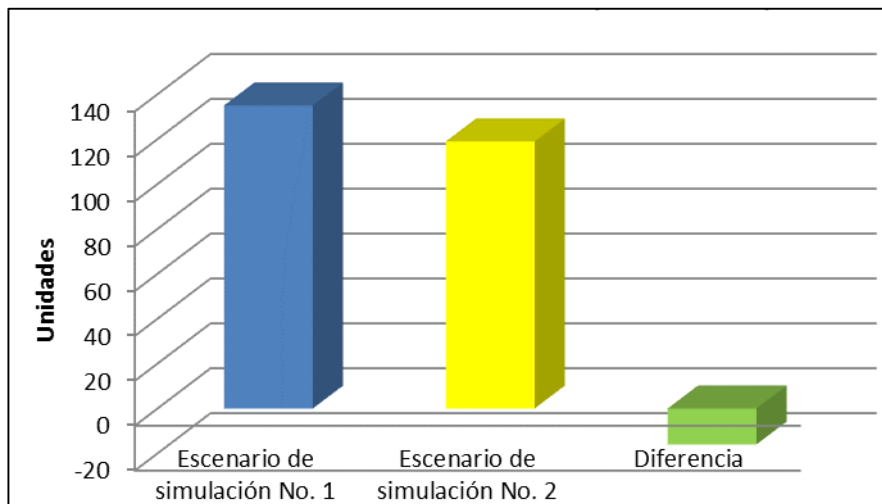
## UNIDADES DEFECTUOSAS

**Tabla 13: Comparación, Escenario de simulación 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, Unidades defectuosas.**

UNIDADES DEFECTUOSAS (unidades)	
Escenario de simulación No. 1	135
Escenario de simulación No. 2	119
Diferencia	-16

**Elaborado por:** El autor

**Ilustración 13: Comparación de Escenario de simulación No. 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, unidades defectuosas.**



**Elaborado por:** El autor

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Para el Escenario No. 1 de Simulación se puede observar un total de 135 unidades defectuosas, las mismas que necesitan ser reprocesadas para poder con las especificaciones de diseño establecidas, para poder reprocesar una unidad se debe invertir recursos: mano de obra, maquinaria y en algunos casos materia prima, lo que significa un costo de producción adicional y una oportunidad de mejora l reducir este número, en el Escenario No. 2 de Simulación se observa un total de 119 unidades para que han sido reprocesadas, dando así un total de 16 unidades defectuosas reducidas.

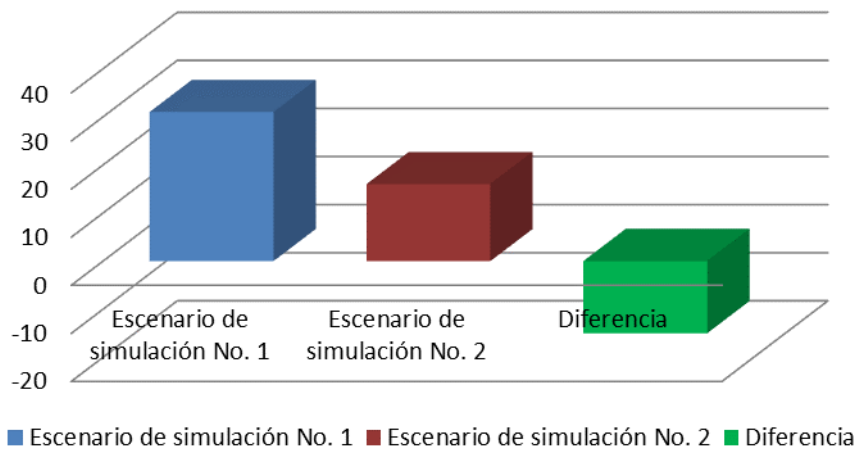
## UNIDADES CON FALLAS

**Tabla 14: Comparación, Escenario de simulación 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, Unidades con falla.**

<b>UNIDADES CON FALLA (unidades)</b>	
Escenario de simulación No. 1	31
Escenario de simulación No. 2	16
Diferencia	-15

**Elaborado por:** El autor

**Ilustración 14: Comparación de Escenario de simulación No. 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, unidades con falla.**



**Elaborado por:** El autor.

## **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN**

Para el Escenario No. 1 de Simulación se puede observar un total de 31 unidades con falla, las mismas que son desechadas o clasificadas como producto más barato ya que no cumplen con los requisitos de diseño, lo que significa un costo de producción no recuperable de las mismas y una oportunidad de mejora, en el Escenario No. 2 de Simulación se observa un total de 16 unidades consideradas con falla, dando así un total de 15 unidades con falla reducidas.

## **TIEMPO DE ESPERA**

**Tabla 15: Comparación, Escenario de simulación 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, Tiempo de espera.**

<b>TIEMPO DE ESPERA (minutos)</b>							
	Corte_patrón	Serigrafía	Bordado	Confección	Acabado	Empaque	Suma
Escenario de simulación No. 1	130,3588	58,3424	228,3558	29,627	130,3588	1498,4425	2075,4853
Escenario de simulación No. 2	130,3588	56,975	238,1555	123,2939	275,9869	1003,4437	1828,2138
Diferencia	0	-1,3674	9,7997	93,6669	145,6281	-494,9988	-247,2715

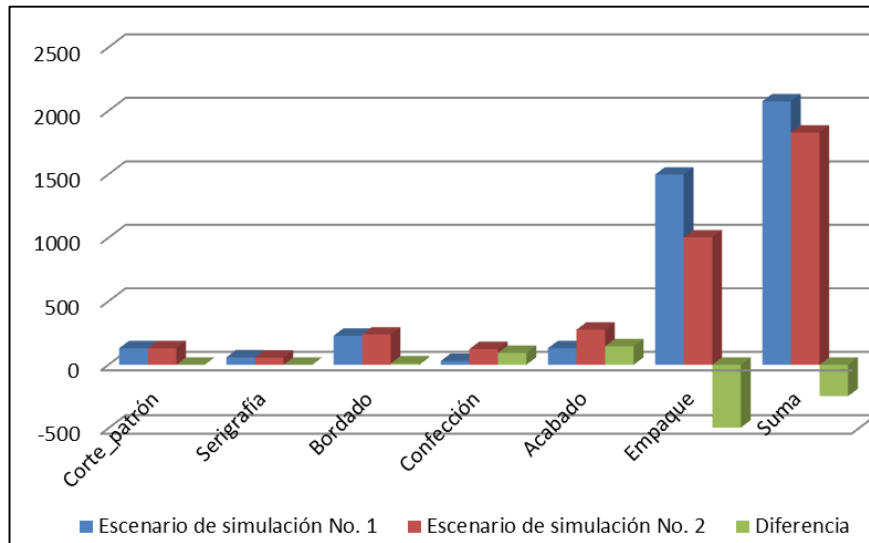
**Elaborado por:** El autor

**Tabla 16: Comparación, Escenario de simulación 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, % de tiempo de espera del sistema.**

	<b>Tiempo disponible en el sistema</b>	<b>Tiempo de espera en minutos</b>	<b>% de TIEMPO DE ESPERA DEL SISTEMA</b>
<b>Escenario de simulación No. 1</b>	13680 (2280 minutos de simulación X 6 subprocesos de producción disponible)	2075,4853	15,17%
<b>Escenario de simulación No. 2</b>		1828,2138	13,36%
<b>Diferencia</b>		-	-11,9%

**Elaborado por:** El autor

**Ilustración 15: Comparación de Escenario de simulación No. 1 Vs. Escenario de simulación No. 2, tiempo de espera.**



**Elaborado por:** El autor

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN**

Para el Escenario No. 1 de Simulación se puede observar un total de 1828.2138 minutos de espera o inactivos lo que representa el 15.17% del tiempo disponible de producción, este tiempo de espera eleva el costo de producción ya que no agrega valor alguno a la producción y sin embargo se paga por los recursos invertidos (maquinaria, mano de obra, servicios básicos) siendo la reducción del mismo una clara oportunidad de mejora. En el Escenario No. 2 de Simulación se observa un total de 1821.28 minutos de espera lo que representa el 13,36% del total del tiempo disponible de producción, como consecuencia un decrecimiento del 1,81% del tiempo de espera en el Escenario de Simulación No.2 con respecto al Escenario de Simulación No.1.

#### 4.2.2. Análisis de la productividad

Se calcula la productividad para los dos Escenarios de simulación del proceso productivo, de acuerdo a la siguiente formula:

$$Productividad = \frac{\text{Salidas}}{\text{Mano de Obra} + \text{Material} + \text{Energia} + \text{Capital} + \text{Otros}}$$

**Fuente:** Render y heizer, 2015

$$Productividad (\$ \text{ ganados} / \$ \text{ invertidos}) = \frac{\text{Unidades vendidas} (\$)}{\text{Costo de produccion} (\$) (\text{Mano de Obra} + \text{Material} + \text{Energia} + \text{Capital} + \text{Otros})}$$

**Tabla 17: Cálculo de la productividad para los dos Escenarios de simulación del proceso productivo.**

<b>Escenario de simulación No. 1</b>	<b>Escenario de simulación No. 2</b>
<b>No. de unidades producidas:</b> 415	<b>No. de unidades producidas:</b> 772
<b>Tiempo de simulación/producción:</b> 6 días laborables equivalentes a 2880 minutos (6 días/semana*8 horas /día*60 minutos/hora)	<b>Tiempo de simulación/producción:</b> 6 días laborables equivalentes a 2880 minutos (6 días/semana*8 horas /día*60 minutos/hora)
<b>Costo de Mano de Obra (\$):</b>  No. de trabajadores:17 personas  Sueldo Mensual: 375\$/mes  Costo de mano de obra:(Sueldo mensual x No. de trabajadores) / 4 semanas/mes	<b>Costo de Mano de Obra (\$):</b>  No. de trabajadores:23 personas  Sueldo Mensual: 375\$/mes  Costo de mano de obra:(Sueldo mensual x No. de trabajadores) / 4 semanas/mes



Costo de Mano de Obra: 1593,75 \$	Costo de Mano de Obra: 2156, 25 \$
<p><b>Costo de Maquinaria (\$):</b></p> <p>Costo mensual :2000 \$/mes</p> <p>Costo de maquinaria: (2000 \$/mes) / (4 semanas/mes)</p> <p>Costo de maquinaria: 500 \$</p>	<p><b>Costo de Maquinaria (\$):</b></p> <p>Costo mensual :2000 \$/mes</p> <p>Costo de maquinaria: (2000 \$/mes) / (4 semanas/mes)</p> <p>Costo de maquinaria: 500 \$</p>
<p><b>Costo de Materia prima: (8 \$/docena) x (415 Unidades)</b></p> <p>Costo de Materia prima: 3600 \$</p>	<p><b>Costo de Materia prima: (8 \$/docena) x (772 Unidades)</b></p> <p>Costo de Materia prima: 6176 \$</p>
<p><b>Costo de servicios básicos (\$):</b></p> <p>Costo mensual (agua luz, teléfono e internet): 250 \$/mes</p> <p>Costo de servicios básicos (\$): (250 \$/mes) / (4 semanas/mes)</p> <p>Costo de servicios básicos: 62,5 \$</p>	<p><b>Costo de servicios básicos (\$):</b></p> <p>Costo mensual (agua luz, teléfono e internet): 250 \$/mes</p> <p>Costo de servicios básicos (\$): (250 \$/mes) / (4 semanas/mes)</p> <p>Costo de servicios básicos: 62,5 \$</p>
<p><b>Utilidad (\$):</b></p> <p>Utilidad/docena: 20 \$</p> <p>Utilidad: (Utilidad/docena) x No. de unidades producidas</p>	<p><b>Utilidad (\$):</b></p> <p>Utilidad/docena: 20 \$</p> <p>Utilidad: (Utilidad/docena) x No. de unidades producidas</p>

Utilidad: (20 \$/docena) x (434 unidades)  Utilidad: 8680 (\$)	Utilidad: (20 \$/docena) x (434 unidades)  Utilidad: 15440 (\$)
<b>Productividad (\$/invertidos) /(\$/ganados):</b>  Productividad: Utilidad (\$) /Costo Total (\$)  Productividad: Utilidad (\$) /  Costo de Mano de Obra (\$) + Costo de Maquinaria (\$) + Costo de Materia prima + Costo de servicios básicos  Productividad:  $= \frac{8680 (\$)}{1593.75 \$ + 500 \$ + 3600 \$ + 62.5}$ = 1,542 (\$/invertidos)/(\$/ganados)	<b>Productividad (\$/invertidos) /(\$/ganados):</b>  Productividad: Utilidad (\$) /Costo Total (\$)  Productividad: Utilidad (\$) /  Costo de Mano de Obra (\$) + Costo de Maquinaria (\$) + Costo de Materia prima + Costo de servicios básicos  Productividad:  $= \frac{15440 (\$)}{2156.25 \$ + 500 \$ + 6176 \$ + 62.5}$ = 1,736 (\$/invertidos)/(\$/ganados)

**Elaborado por:** El autor

### **Tasa de variación de la productividad**

Se calcula la tasa de la variación de la productividad de acuerdo a la siguiente fórmula:

Tasa de variación de la productividad

$$= \frac{\text{Productividad (Escenario de simulación No. 2)} - (\text{Escenario de simulación No. 1})}{(\text{Escenario de simulación No. 1})}$$

Reemplazando los datos en la ecuación se obtiene:

$$= \frac{1,736 (\$/invertidos)/(\$/ganados) - 1,542 (\$/invertidos)/(\$/ganados)}{1,542 (\$/invertidos)/(\$/ganados)}$$

= 0,13, expresada en porcentaje es igual al 13%

### **Mejora de Utilidad**

Se calcula la rentabilidad para los dos Escenarios de simulación del proceso productivo de acuerdo a la siguiente formula:

$$\text{Utilidad} = \text{Ingresos} - \text{Gastos}$$

- **Escenario de simulación No. 1**

$$\text{Utilidad} = 8680 (\$) - (593,75 \$ + 500 \$ + 3600 \$ + 62,5 \$)$$

$$\text{Utilidad} = 2923,75 \$$$

- **Escenario de simulación No. 2**

$$\text{Utilidad} = 15440 (\$) - 2156,25 \$ + 500 \$ + 6176 \$ + 62,5 \$$$

$$\text{Utilidad} = 6601,25$$

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN**

Al realizar el cálculo de la productividad del sistema de producción se observa que la productividad para el Escenario de Simulación No. 1 es de 1,542 (\$/invertidos), la productividad para el Escenario de Simulación No. 2 es de 1,736 (\$/invertidos), relacionando los dos valores se determinó que hay un crecimiento porcentual de la productividad del 13% del Escenario de Simulación No.2 con respecto al Escenario de Simulación No.1. En lo correspondiente a la utilidad se observa un aumento del \$ 3677,5 por corrida e producción, lo que representa una mejora significativa para los intereses económicos de la empresa.

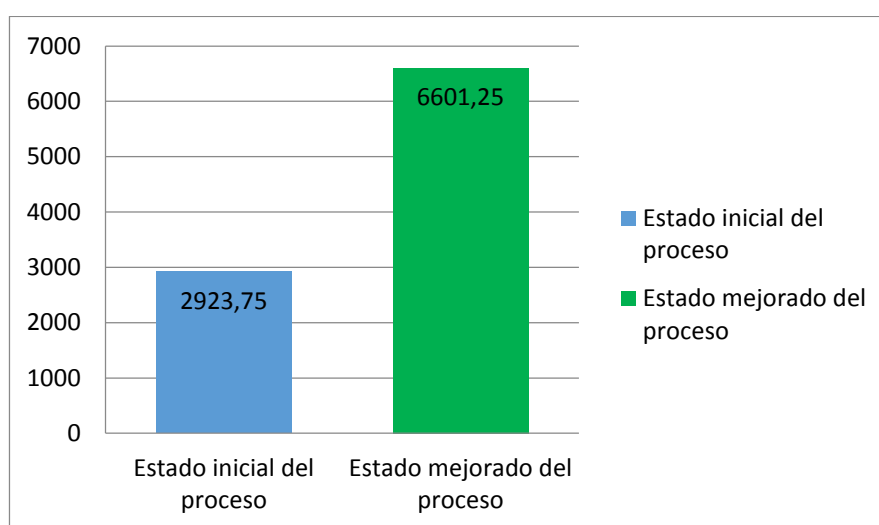
- **Beneficio económico**

En la siguiente tabla y grafico se describe el beneficio económico de la línea de producción, después de la reducir de los desperdicios, de acuerdo a la utilidad en dólares en los dos estados del proceso: estado inicial del proceso y estado mejorado del proceso.

**Tabla 18: Cuadro comparativo entre el beneficio económico de la línea de producción, a través de la reducción de desperdicios**

Utilidad en dólares (\$)	
Estado inicial del proceso	Estado mejorado del proceso
2923,75	6601,25

**Ilustración 16: Gráfico comparativo entre el beneficio económico de la línea de producción, a través de la reducción de desperdicios**



### 4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

La hipótesis sujeta a verificación en el presente trabajo de investigación es la siguiente:

- La reducción del desperdicio aumenta la productividad línea de confección textil de la empresa TABBY SPORT.

#### Variable dependiente

- Productividad laboral (\$ ganados / \$ invertidos).

#### Variables independientes

- Inventario promedio en proceso (prendas).
- Sobreproducción (prendas).

- Transporte de producto en proceso (metros).
- Unidades con falla (prendas con fallas).
- Unidades reprocesadas (prendas reprocesadas).
- Tiempo de espera (minutos).

Para realizar el contraste de la hipótesis planteada se realizó las siguientes pruebas estadísticas, ajustadas al modelo de regresión lineal múltiple:

- Planteamiento de la ecuación de regresión lineal múltiple.
- Prueba de significancia individual de las variables.
- Prueba de significancia conjunta (Contraste de regresión Anova).
- Prueba de Bondad de ajuste al modelo de regresión lineal multi-variante.

### **Planteamiento de la ecuación de regresión lineal múltiple**

$$Y = A + B1X1 + B2X2 + B3X3 + B4X4 + B5X5 + B6X6$$

*Dónde:*

- *Y = Variable dependiente*  
*Y = Productividad*  
*A = intersección con el eje y*  
*B1, B2, B3, B4, B5, B6; constantes*
- *X=Variable independiente*  
*X1 = inventario promedio en proceso (prendas)*  
*X2 = sobreproducción (prendas)*  
*X3 = transporte de producto en proceso (metros)*  
*X4 = unidades con falla (prendas con fallas)*  
*X5 = unidades reprocesadas (prendas reprocesadas)*  
*X6 = tiempo de espera (minutos)*

### **Prueba de significancia individual las variables**

#### Planteamiento de hipótesis

Hipótesis Ho:  $\beta_j = 0$  significa que la variable “no aporta información significativa” en el análisis de regresión realizado.

Hipótesis H1:  $\beta_j \neq 0$  significa que la variable “aporta información significativa” en el análisis de regresión realizado.

Con ayuda del SPSS se realiza el análisis de correlación lineal multivalente, los estadígrafos generados se muestran e la siguiente tabla:

**Tabla 19: Prueba de significancia individual las variables**

Coeficientes						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	,017	,001		18,498	,000
	INVENTARIO	-,002	,000	-2,341	-11,584	,000
	SOBREPRODUCCION	-,001	,000	-,079	-22,041	,000
	TRANSPORTE	-3,023E-6	,000	-,124	-3,992	,000
	UNIDADES_FALLA	,000	,000	-,013	-2,406	,016
	UNIDADES_REPROCESADAS	,001	,000	,034	4,337	,000
	TIEMPO_ESPERA	,001	,000	1,491	7,788	,000
a. Variable dependiente: PRODUCTIVIDAD						

**Elaborado por:** El autor, SPSS software

Después de analizar el análisis de regresión en la tabla anterior se puede observar que los coeficientes de la regresión multivalente de las variables independientes: inventario, sobreproducción, transporte, unidades reprocesadas y tiempo de espera, son diferentes a cero, por lo que se rechaza la hipótesis Ho y se concluye que estas variables independientes, aportan significativamente la variable productividad.

Sin embargo, se puede observar que el coeficiente de regresión de la variable: unidades con falla, es igual a cero, por lo que se acepta la hipótesis  $H_0$  y se concluye que esta variable independiente, no aportan significativamente a la variable productividad y no es recomendable incluirla en el modelo de regresión lineal multivalente planteado.

Se vuelve a realizar el cálculo de los estadígrafos en el software estadístico spss, excluyendo la variable “unidades con falla”, como se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 20: Prueba de significancia individual las variables, 1 variable independiente excluida.**

Coeficientes <sup>a</sup>						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	,016	,001		18,675	,000
	INVENTARIO	-,002	,000	-2,328	11,514	,000
	SOBREPRODUCCION	-,001	,000	-,079	22,151	,000
	TRANSPORTE	- 3,215E- 6	,000	-,132	-4,265	,000
	TIEMPO_ESPERA	,001	,000	1,486	7,754	,000
	UNIDADES_REPROCESADAS	,000	,000	,023	3,605	,000

a. Variable dependiente: PRODUCTIVIDAD

**Elaborado por:** El autor, SPSS software

Se puede observar en la tabla anterior que los coeficientes de la regresión multivalente de las variables independientes: inventario, sobreproducción, transporte, y tiempo de espera, son diferentes a cero, por lo que se rechaza la hipótesis  $H_0$  y se concluye que estas variables independientes, aportan significativamente la variable productividad.

Sin embargo, se puede observar que el coeficiente de regresión de la variable: unidades reprocesadas, es igual a cero, por lo que se acepta la hipótesis  $H_0$  y se concluye que esta variable independiente, no aporta significativamente a la variable productividad y no es recomendable incluirla en el modelo de regresión lineal multi-variante planteado

Se vuelve a realizar el cálculo de los estadígrafos en el software estadístico spss, excluyendo la variable unidades con reprocesadas, se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 21: Prueba de significancia individual las variables, 2 variables independientes excluidas.**

Coeficientes <sup>a</sup>						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	,015	,001		19,518	,000
	INVENTARIO	-,002	,000	-2,149	-10,936	,000
	SOBREPRODUCCION	-,001	,000	-,075	-22,255	,000
	TRANSPORTE	-3,954E-6	,000	-,163	-5,438	,000
	TIEMPO_ESPERA	-,001	,000	1,356	7,184	,000

a. Variable dependiente: PRODUCTIVIDAD

**Elaborado por:** El autor, SPSS software

Se puede observar en la tabla anterior que los coeficientes de la regresión multivalente de las variables independientes: inventario, sobreproducción, transporte, y tiempo de espera, son diferentes a cero, por lo que se rechaza la hipótesis  $H_0$  y se concluye que estas variables



independientes, aportan significativamente la variable productividad, las mismas que se incluyen en el modelo de regresión lineal.

### Interpretación del valor P o Sig.

Se realiza el contraste de hipótesis al nivel de significancia del 95%.

Planteamiento de hipótesis.

Hipótesis Ho: Las variables independientes (desperdicios) no tienen efecto significativo en la variable dependiente (productividad).

Hipótesis H1: Las variables independientes (desperdicios) tienen efecto significativo en la variable dependiente (productividad).

Nivel de confianza utilizado: 95%,  $\alpha = 100\% - 95\% = 5\% = 0,05$ .

Condiciones:

Si  $p \leq 0,05$  se rechaza Ho

Si  $p > 0,05$  se acepta Ho

**Tabla 22: Interpretación del valor P o Sig.**

Coeficientes <sup>a</sup>						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	,015	,001		19,518	,000
	INVENTARIO	-,002	,000	-2,149	10,936	,000
	SOBREPRODUCCION	-,001	,000	-,075	22,255	,000
	TRANSPORTE	-3,954E-6	,000	-,163	-5,438	,000
	TIEMPO_ESPERA	-,001	,000	1,356	7,184	,000

a. Variable dependiente: PRODUCTIVIDAD
--

**Elaborado por:** El autor, SPSS software

Después de analizar el análisis de regresión en la tabla anterior se puede observar que el nivel de significancia de las variables independientes: inventario, sobreproducción, transporte, y tiempo de espera son iguales a cero, por lo que se rechaza  $H_0$  y se concluye que al 95% de confianza tienen efecto significativo en la variable dependiente (productividad).

### **Prueba de significancia conjunta (Contraste de regresión Anova).**

Con el fin de verificar si, de forma conjunta las variables explicativas aportan información en la explicación de la variable de respuesta se realiza el contraste de regresión Anova.

#### Planteamiento de hipótesis.

Hipótesis  $H_0$ : Las variables independientes (desperdicios) conjuntamente no tienen efecto significativo en la variable dependiente (productividad).

Hipótesis  $H_1$ : Las variables independientes (desperdicios) conjuntamente tienen efecto significativo en la variable dependiente (productividad).

Nivel de confianza utilizado: 95%,  $\alpha = 100\% - 95\% = 5\% = 0,05$ .

#### Condiciones:

Si  $p \leq 0,05$  se rechaza  $H_0$

Si  $p > 0,05$  se acepta  $H_0$

Después de analizar el análisis de regresión en la tabla anterior se puede observar que los niveles de significancia correspondientes a cada variable independiente: inventario, sobreproducción, transporte, y tiempo de espera son iguales a cero, por lo que se rechaza la hipótesis  $H_0$  y que se concluye que tienen efecto conjunto significativo en la variable dependiente (productividad).

**Tabla 23: Prueba de significancia conjunta (Contraste de regresión Anova)**

ANOVA <sup>a</sup>						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	6,060	4	1,515	32026,359	,000 <sup>b</sup>
	Residuo	,108	2275	,000		
	Total	6,168	2279			
a. Variable dependiente: PRODUCTIVIDAD						
b. Predictores: (Constante), TIEMPO_ESPERA, SOBREPDUCCION, TRANSPORTE, INVENTARIO						

**Elaborado por:** El autor, SPSS software

Análisis de los residuos, normalidad de los residuos:

Prueba de Bondad de ajuste al modelo de regresión lineal multi-variante

Para determinar la bondad de ajuste del modelo se calcula e interpreta el coeficiente de determinación R cuadrado, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 24: Prueba de Bondad de ajuste al modelo de regresión lineal multi-variante.**

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,991 <sup>a</sup>	,983	,983	,006878
a. Predictores: (Constante), TIEMPO_ESPERA, SOBREPDUCCION, TRANSPORTE, INVENTARIO				

**Elaborado por:** El autor, SPSS software

Después de analizar el coeficiente de determinación: 0,983 (valor cercano a 1) se puede concluir que la variable dependiente productividad queda explicada en un 98,3% por las variables explicativas o predictores según el modelo de regresión lineal considerado.

## **CAPITULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

Mediante la simulación de procesos asistido por computadora (metodología aplicada Marmolejo, 2013) se ha determinado que en el estado actual del sistema productivo existieron desperdicios durante la producción de prendas de vestir, afectando directamente a la productividad medida (metodología aplicada Render y Heizer, 2015) por ende, e la rentabilidad económica empresarial.

Los principales desperdicios identificados, durante la corrida para el Escenario de Simulación No. 1, para 1 semana de trabajo son:

- Inventario promedio en proceso, debido a los al alto nivel de inventario manejado principalmente en las estaciones de costura con 249 unidades.
- Sobreproducción, debido a la falta del conocimiento del proceso productivo por parte de la dirección y sus indicadores de desempeño, en promedio se producen 34 unidades excedentes.
- Transporte de producto en proceso, debido a la falta de un buen diseño de distribución de planta y recursos, en promedio el material recorrió 21275 metros hasta transformarse en producto terminado.
- Unidades con falla, debido al alto porcentaje de unidades que no cumplen con las especificaciones establecidas en el diseño del producto se producen en promedio 135 unidades defectuosas o con falla.
- Unidades reprocesadas, se ha determinado en el estado inicial del proceso de producción que existe un nivel de 31 unidades reprocesadas.

- Tiempo de espera, durante la determinación del estado inicial del sistema de producción se determinó que la utilización de los recursos (mano de obra y maquinaria) están sub utilizados, debido a la falta de organización de la producción, se estimó que el tiempo de espera es 20175 minutos.

Bajo las condiciones anteriores se determinó que la productividad inicial del sistema de producción medida entre la relación de dólares ganados sobre dólares invertidos es de 1.676 dólares.

Después de realizar las pruebas estadísticas para la demostración de la hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación, se demostró que:

- Al 95% de nivel de confianza, las variables independientes: inventario, sobreproducción, transporte y tiempo de espera, tienen incidencia significativa individual sobre la variable dependiente: productividad.
- Al 95% de nivel de confianza, las variables independientes: unidades con falla y unidades reprocesadas, no tienen incidencia significativa individual sobre la variable dependiente: productividad.
- Al 95% de nivel de confianza, las variables independientes: inventario, sobreproducción, transporte y tiempo de espera, tienen incidencia significativa conjunta sobre la variable dependiente: productividad.
- Al 95% de nivel de confianza, el comportamiento estadístico de las variables independientes: inventario, sobreproducción, transporte, tiempo de espera y la variable dependiente se ajustan al modelo de regresión lineal múltiple en un 98,3%.

Después de aplicar las herramientas de mejora: Diagrama de Pareto, Diagrama causa efecto, Plan de mejora controlado (Mantenimiento de maquinaria, capacitación a operarios), balanceo de líneas de trabajo, se pudo establecer el estado ideal del proceso. Mediante la simulación de procesos para un Escenario No. 2, en una corrida de 1 semana de duración, se determinó que los desperdicios disminuyeron, de acuerdo a la siguiente descripción:

- Inventario promedio en proceso, se redujo en 170 unidades en promedio.
- Sobreproducción, se disminuyó en 12 unidades.

- Transporte de producto en proceso, en 7475 metros recorridos.
- Unidades con falla, se bajó este nivel en 16 unidades.
- Unidades reprocesadas, se bajó este nivel en 15 unidades.
- Tiempo de espera, se redujo en 1828.2 minutos que representa el 11, 9%.

Después de realizar la mejora antes mencionada se determinó que, al disminuir los desperdicios del proceso de producción de camisetas, los niveles de productividad aumentaron a 1,542, lo que representa un aumento del 13% con respecto a la productividad inicial.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Para establecer niveles de producción, indicadores de producción, balanceo de líneas, pruebas de mejora, movimiento de recursos (mano de obra, maquinaria, inventarios, distribución de planta, almacenamientos temporales, etc.), el software de simulación de procesos “Flexsim” es una herramienta eficaz.

Para mantener los niveles de productividad alcanzado se recomienda mantener las mejoras establecidas y puesta en marcha en el proceso productivo, además, si es necesario realizar un nuevo balance de línea en caso de existir variaciones en la demanda, con el fin de reducir los costos de los recursos invertidos y aumentar la utilización de los mismos.

Establecer en la empresa a la productividad medida y alcanzada como indicador de medición y control de la línea de producción textil.

## CAPITULO VI

### 6. PROPUESTAS

#### 6.1 DATOS INFORMATIVOS

**Institución ejecutora:** TabbySport.

**Beneficiarios:** Empleados y clientes de la empresa.

**Teléfono:** 0984588533

**Ubicación:** Atuntaqui-Ecuador.

**Responsable:** Ing. Diego Flores.

#### 6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

El mejoramiento de procesos productivos es un conjunto de herramientas que a través de su aplicación permite mejorar los niveles de productividad. En varios estudios e investigaciones, principalmente en España, se ha demostrado que la identificación y eliminación sistemática de los principales desperdicios en la industria de manufactura ha contribuido a la mejora significativa de la rentabilidad, productividad y otros índices de gestión, y además se ha demostrado la eficacia de la implementación de diversas herramientas y técnicas cualitativas y cuantitativas para mejorar varios procesos productivos industriales.

Las herramientas de mejoramiento de la calidad utilizadas para mejorar la calidad del producto y balancear una línea de producción en la presente propuesta, son diversas y eficaces como son: Diagrama de Pareto, Diagrama Causa-Efecto, Capacitación, 5's para garantizar el orden y limpieza, mantenimiento preventivo, distribución de planta, como se ha demostrado en su aplicación en varios trabajos de investigación y textos académicos.

### **6.3 JUSTIFICACIÓN**

Como se pudo observar en los datos del capítulo 4, en la empresa de estudio se observó la existencia de desperdicios durante la producción prendas de vestir, situación identificada como oportunidad de mejora potencial para poder incrementar la calidad del producto, utilidad y competitividad.

Además, se ha comprobado estadísticamente que la productividad influye significativamente en la productividad medida en el proceso de producción textil de la empresa en estudio, por ende, cualquier acción encaminada a la reducción de los desperdicios afectara significativamente al aumento de la productividad medida en dólares ganados sobre dólares invertidos, aumentando así la utilidad.

La empresa en estudio, para garantizar su permanencia en el mercado y mejorar los indicadores de rentabilidad y productividad se ve en la obligación de adoptar estrategias de optimización de procesos, por tal razón la implementación de la presente propuesta de mejora es necesaria, considerando además el sustento metodológico de la misma que garantizara el éxito en su aplicabilidad.

Las herramientas propuestas para mejorar la calidad del producto y balancear una línea de producción son basadas en sustentos cualitativos y principalmente cuantitativos, las mismas que permiten reducir al máximo la incertidumbre y constituyéndose así, como métodos y herramientas clave para la toma de decisiones basada en hechos y sustentos matemáticos que permiten gestionar los recursos de un sistema productivo.

### **6.4 OBJETIVOS**

#### **Objetivo General**

Aumentar el nivel de productividad del sistema de producción de prendas de vestir, a través de la reducción de los desperdicios: niveles del inventario promedio en proceso, unidades consideradas como sobreproducción, distancia recorrida de productos en proceso, unidades con falla, unidades reprocesadas y tiempos de espera o inactivos.



## **6.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer un plan de trabajo que permita mejorar la calidad del producto.
- Balancear la línea de producción.
- Establecer un modelo de predicción de la productividad.

## **6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

### **Política**

La Empresa en la actualidad tiene establecido en la política de calidad el compromiso de facilitar y promover el desarrollo de una mejora continua en cada uno de los procesos, así como la obligatoriedad de cumplir con los requisitos, necesidades y expectativa de los clientes, razón por la cual es factible la aplicabilidad de la propuesta establecida. Es de interés de la Dirección el atraer nuevos clientes y nichos de mercado, situación inmersa en la declaración de compromiso con la mejora continua e innovación.

### **Tecnológica**

Tecnológicamente la propuesta es válida y aceptable, ya que para ejecución se cuenta con la tecnología necesaria, la misma que en la actualidad se dispone en la empresa:

- Aumento/disminución de maquinaria, para aumentar o disminuir módulos de producción es necesario aumentar y/o disminuir los módulos de producción, compuestos por la combinación hombre/maquina, recursos disponibles, especialmente para el proceso de costura.
- La capacidad de la planta actual cuenta con el área requerida y la disponibilidad energética para la implementación de la presente propuesta.
- El control del proceso se lo realizara por computador y software, recursos disponibles y funcionales en la empresa.

### **Aspecto Económico financiero**

La dirección considera la aplicación de la propuesta de mejora de la productividad de la producción de camisetas una inversión ya que se estima la recuperación de la misma, razón por la cual la disponibilidad financiera es viable.

La inversión en la propuesta de mejora, incrementará la utilidad de los dólares ganados sobre los dólares invertidos.

### **Aspecto Socio cultural**

La mejora propuesta requiere de la variación de la mano de obra, la empresa cuenta con empleados de experiencia y poli funcionales capaces de responder a los cambios propuestos, razón por la cual el aspecto social es viable y la empresa ha establecido una cultura de mejora continua en todos sus procesos, razón por la cual no es un limitante el cambio cultural establecido en el proceso de confección de prendas de vestir.

### **Aspecto Ambiental**

Con respecto al ambiente no se prevé impacto mayor al actual, se contempla la reducción de desperdicios (tela, hilos, etc.) por lo que la propuesta contribuye a la conservación del medio ambiente.

En lo concerniente al ambiente laboral se ve afectado por las siguientes acciones, sin embargo, se ha tomado las acciones correctivas:

**Tabla 25: Acción preventiva/correctiva ante cambio del ambiente laboral/riesgo laboral.**

<b>Actividad.</b>	<b>Cambio del ambiente laboral/Riesgo laboral.</b>	<b>Acción preventiva/correctiva.</b>
Aumento/disminución de maquinaria.	Aumento del ruido.	Dotación / Utilización de tapones auditivos.
	Disminución de espacio para el trabajador.	No afecta el espacio en la actualidad es subutilizado.
	Aumento de temperatura.	Utilización de ventiladores existentes.

	Aumento del desprendimiento de partículas en el aire.	Dotación / Utilización de respiradores en áreas necesarias.
	Riesgo de posibilidad de accidentes laborales (atrapamientos, riesgo eléctrico, tropezones, caídas).	Orden y limpieza. Mantenimiento. Capacitación.

**Elaborado por:** El autor

## 6.6 FUNDAMENTACIÓN

### Calidad

Según la ISO 9001 (2015), calidad es “grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”, entendiéndose por requisito “necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria”.

Según la (Darinka, 2016) “calidad no solo es hacer las cosas bien sin tener errores en los diferentes sistemas y procesos de la empresa, o anticiparse a las necesidades del cliente y satisfacerlas, es el conjunto de calidad en todos los aspectos de una empresa con el objetivo de satisfacer al cliente”.

### Proceso

Según la ISO 9001 (2015), proceso es un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

### Diagrama Causa efecto

Según (UNIT, 2009), El diagrama de Ishikawa es un método gráfico que se usa para efectuar un diagnóstico de las posibles causas que provocan ciertos efectos, los cuales pueden ser controlables.

Se usa el diagrama de causas-efecto para:

- Analizar las relaciones causas-efecto.

- Comunicar las relaciones causas-efecto.
- Facilitar la resolución de problemas desde el síntoma, pasando por la causa hasta la solución.

### **Diagrama Pareto**

Según (UNIT, 2009), el diagrama Pareto es una técnica gráfica simple para ordenar elementos, desde el más frecuente hasta el menos frecuente, basándose en el principio de Pareto.

### **5s´**

Según (Lopez, 2014) La herramienta 5S se corresponde con la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo que, de una manera menos formal y metodológica, ya existían dentro de los conceptos clásicos de organización de los medios de producción. El acrónimo corresponde a las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen las herramientas y cuya fonética empieza por “S”: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito.

### **Mejora continua**

Según (Gutiérrez, 2014) Son todas aquellas actividades y actuaciones dirigidas a buscar una mejora constante de los estándares actuales.

Según la (ISO, 2015), Mejora continua es toda actividad recurrente para mejorar el rendimiento.

### **Balanceo de líneas de producción**

Según (Mejía, 2016) El balanceo de línea busca distribuir la carga de trabajo entre los recursos de un proceso, de tal manera que se logre equilibrar las capacidades productivas con las necesidades de operación.

Según (Peña Orozco, 2016) el balanceo de líneas es un factor crítico para la productividad de una empresa, su objetivo es hallar una distribución de la capacidad adecuada, para asegurar un flujo continuo y uniforme de los productos, a través de los diferentes procesos dentro de la planta, encontrando las formas para igualar los tiempos de trabajo en todas las

estaciones, para maximizar aprovechamiento posible de la mano de obra y del equipo, y de ese modo reducir o eliminar el tiempo ocioso.

### **Tiempo estándar de producción**

Según (Peña Orozco, 2016) El tiempo estándar de una operación: es el tiempo que debería tardarse un operario calificado en realizar una operación, utilizando un método definido, a una velocidad normal y trabajando en condiciones normales de operación (iluminación, ventilación, ambiente).

### **Mantenimiento Industrial**

Según (Garrido, 2012) Se define habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

### **Simulación de procesos industriales**

Según (Cantú-González, 2016) “Simulación, desde su concepto amplio y general es una representación aproximada a la realidad de un proyecto futuro o sistema existente para su manipulación y análisis de comportamiento con la finalidad de describirlo, resolverlo o mejorarlo”.

### **Prueba de regresión múltiple:**

Según Pérez (2008), “la complejidad de las relaciones en el análisis multi-variante aumenta la necesidad de comprobar los supuestos estadísticos”, el mismo autor manifiesta que “Los supuestos fundamentales que hay que corroborar son los siguientes: normalidad, homocedasticidad, linealidad y ausencia de errores correlacionados”.

## **6.7 METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO**

La propuesta de mejora de la productividad a través de la reducción del desperdicio en la producción de prendas de vestir sigue las siguientes etapas:

- Mejora de la calidad del producto
- Balancear la línea de producción

- Planteamiento y validación de modelo matemático de predicción multi-variante.

### 6.7.1 Mejora de la calidad del producto.

#### Identificación de las principales falencias de calidad en el proceso producto.

Para identificar las principales falencias de calidad en el producto se elaboró el grafico Pareto, en una muestra de 422 prendas, en 4 días de producción. Se identificó las causas de una deficiente calidad en el producto, la frecuencia de las mismas y su representación en porcentaje, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 26: Datos para la elaboración del grafico Pareto.**

Diagrama de Pareto			
Fecha de muestreo	15,16,17 y 18 de junio del 2017		
Muestra	422 prendas		
Causa	Frecuencia	% acumulado	Total
LA COSTURA ABIERTA	198	46,92%	198
LOS BORDES SUCIOS	100	70,62%	298
ALINEAMIENTO POBRE	59	84,60%	357
DEFECTOS DE PUNTADA	30	91,71%	387
COSTURA SAFADA	20	96,45%	407
DOBLES, PLIEGUES O ARRUGAS	9	98,58%	416
HILOS SOBRANTES	3	99,29%	419
LARGO DE COSTURA	2	99,76%	421

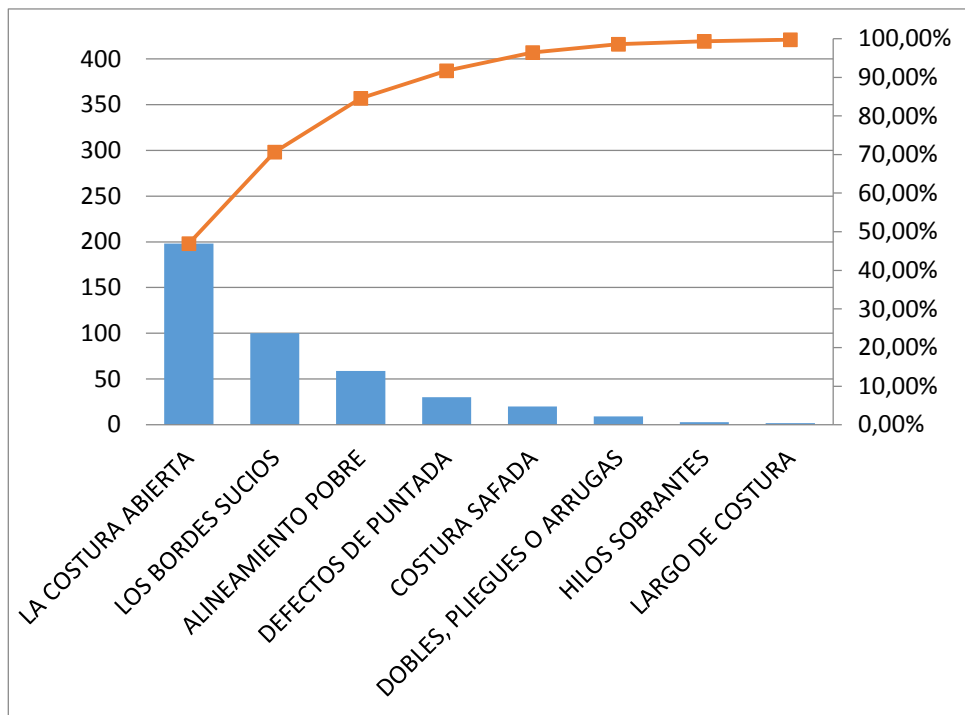
Área quemada de la prenda al plancharla,	1	100,00%	422
TOTAL	422		

**Fuente:** área de producto terminado, TABBYSPORT.

**Elaborado por:** El autor

A continuación, se muestra el grafico de Pareto:

**Ilustración 17: Diagrama Pareto, Causas de baja calidad**



**Elaborado por:** El autor

**Análisis:**

Después de realizar el grafico Pareto, de las causas de una deficiente calidad en el proceso productivo se observa que las principales causas son:

- La costura abierta con una frecuencia de ocurrencia de 198 eventos, lo que representa el 46,92% del total de los datos.

- Los bordes Sucios con una frecuencia de ocurrencia 100 eventos o sucesos dados, valor que representa el 23,6% del total de los datos.
- El resto de causas identificadas no son relevantes ya que sumando entre todas estas representan únicamente el 29,38 %.

Se puede concluir que las principales causas de una deficiente calidad son: costuras abiertas y bordes sucias cuyo porcentaje de ocurrencia acumulado representa un total del 70,62 %, lo que evidenció una clara oportunidad de mejora de la productividad al eliminar estas dos causas principales de la deficiente calidad en el proceso productivo de camisetas.

### **Establecimiento de las causas de las principales falencias identificadas**

Para poder plantear una solución a los principales problemas identificados y relacionados con la deficiente calidad del producto es necesario un análisis más detallado de las principales causas que provocan este problema, para ello se utilizó el diagrama espina de pescado.

#### ***Causa principal No.1: Costura abierta***

A continuación, se muestra el diagrama espina de pescado para determinar las principales causas que provocan la “costura abierta” en el producto:

**Ilustración 18: Diagrama causa-efecto, costuras abiertas**





**Elaborado por:** El autor

Después de realizar el diagrama espina de pescado se puede evidenciar que las causas que originan el problema de “costuras abiertas son varios” siendo estos al mismo tiempo una oportunidad de mejora, son los siguientes:

- Mala calibración de las maquinas.
- Tamaño de la guja no adecuado.
- Proceso no estandarizado.
- Patrón de corte deficiente.
- Desorden.
- Trabajo de presión.
- Falta de capacitación.
- Alta rotación del personal.
- Tela e hilo de mala calidad.
- Deficiente calibración de equipos de medición y obsolescencia de los mismos.

***Causa principal No.2: Bordes sucios***

A continuación, se muestra el diagrama espina de pescado para determinar las principales causas que provocan la “bordes sucios” en el producto:

**Ilustración 19: Diagrama causa-efecto, bordes sucios**



**Elaborado por:** El autor

Después de realizar el diagrama espina de pescado se puede evidenciar que las causas que originan el problema de “bordes sucios” siendo estos al mismo tiempo una oportunidad de mejora, son los siguientes:

- Acumulación de aceite en máquina.
- Falta de limpieza de maquinaria.
- Deficiente limpieza del puesto de trabajo.
- Presencia de polvo.
- Presión en el trabajo.
- Malos hábitos de higiene personal en el trabajador.
- El trabajador desconoce la calidad final del producto.
- Acumulación de inventario.
- Deficiente calibración de equipos de medición y obsolescencia de los mismos.

## **Plan de mejora de calidad**

Después de haber realizado el análisis detallado de las principales causas de una deficiente calidad en el proceso de producción textil de estudio, se propone el siguiente plan de mejora de calidad, en el cual se establece: Datos generales, el talento humano involucrado, los objetivos, el cronograma, las actividades detalladas y las respectivas firmas de responsabilidad.

**Tabla 27: Plan de mejora de calidad**

1. Datos Generales				
1.1. Tema:		Plan de acción para reducir la proporción de unidades defectuosas/fallas	1.4. Fecha de elaboración:	27 de Junio del 2017
1.2. Antecedentes	Mediante la medio de los desperdicios asociados a la producción de prendas de vestir se ha identificado un total del 15% de unidades con fallas, lo que provoca una pérdida económica a la empresa y una baja productividad, razón por la cual es necesario plantear y desarrollar acciones correctivas enfocadas a disminuir el porcentaje de unidades con fallas.		1.5. Número de asistentes :	17 participantes
1.3. Objetivos que debe lograr el beneficiario al finalizar	Disminuir la proporción de productos defectuosos (camiseta) por fallas en costuras y bordes manchados/sucios			
2. Participantes				
Datos generales	Responsable (s):	Ing. Diego Flores (Responsable de Planta)	Personal Externo: ( )	
	Cargo		Personal Interno: ( x )	
	Responsable (s):	Responsable de Calidad	Personal Externo: ( )	
			Personal Interno: ( x )	
	Responsable (s):	Responsable de Mantenimiento	Personal Externo: ( x )	
			Personal Interno: ( )	

### 3. Objetivos

Al finalizar el plan se logrará disminuir el porcentaje de productos defectuosos a causa de fallas en costura y bordes sucios/manchados.

### 4. Cronograma (2017)

Inicio:	Septiembre	Fin:	Julio, 2017	Lugar	Por definir	Costo Total	800\$			
No.	Actividad	Sub-Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Observaciones	Responsable	Recursos	Productos
1	Mantenimiento programado de maquinaria	Compra/Abastecimiento de materiales	x					Responsable de Mantenimiento	400	Disponibilidad 100% de maquinaria
		Socializar fecha de mantenimiento	x							
		Realizar mantenimiento máquinas de coser Singer Modelo 4423		x						
		Recubridora Industrial Kansew		x						

2	Capacitación	Definir temas y materiales (presentaciones, proyector, etc.)	x					Responsable de Calidad	Personal capacitado para la unión correcta de costuras de prendas	
		Reservar sala de reuniones	x							
		Capacitación Grupo 1		x						
		Capacitación Grupo 2			x					
3	Orden y limpieza en puestos de trabajo	Definir áreas y materiales	x					Ing. Diego Flores (Responsable de Planta)	200	Personal capacitado y entrenado para mantener el orden y la limpieza del puesto de trabajo y aseo personal
		Charla de 5's		x	x	x				
		Revisar puestos de trabajo		x	x	x				
4	Mejorar la distribución de maquinaria (lay out)	Seleccionar maquinaria a mover y preparar recursos (maquinaria/personal)	x	x			Usar equipos de elevación requeridos (tecles, montacargas)	Ing. Diego Flores (Responsable de Planta)	400	Disminución de distancias entre módulos de trabajo

		Mover maquinaria y realizar pruebas de funcionalidad			x	x	Considerar normas de seguridad para evitar accidentes laborales			
Elaborado por:							Revisado por:			
Ismael Yépez							Ing. Diego Flores			

En el plan de mejora se incorpora el detalle de las actividades, responsabilidades y tiempos de ejecución para mejorar la distribución de planta, con el fin de disminuir el tiempo de transporte entre módulos de producción.

### **6.7.2 Balancear la línea de producción**

Como se pudo observar en el capítulo 4, numeral 4.2.1 del presente trabajo de investigación existe una acumulación de inventario considerable en el almacenamiento o cola previo al sub-proceso de confección, situación que provoca varios problemas relacionados con el desperdicio “Inventario” y la productividad, entre ellos: baja utilización de los módulos de trabajo (maquinarias y operarios), requerimiento mayor de espacio para el almacenamiento temporal del inventario, cuellos de botellas. La principal causa es una deficiente distribución de los recursos dentro del proceso productivo, debido a la desigualdad significativa de los tiempos estándar de producción entre subprocesos.

Por tal razón se propone balancear la línea de producción textil sistemáticamente, con el fin de igualar en lo máximo posible los tiempos estándar de producción entre subprocesos y alcanzar el mayor porcentaje de balance posible, aumentando así la utilización de los recursos, por ende, la productividad.

Para balancear la línea de producción textil se siguió las siguientes etapas:

- Paso 1: Recolección de la información necesaria.
- Paso 2: Calcular los índices y variables de decisión, entre ellos:

Minuto por operario.

Ciclo de control.

No de operarios.

Total de minutos por línea.

% de balance Ciclo de control ajustado.

Unidades por hora (capacidad teórica de la línea).

Costo por unidad producida.



- Paso3: Realizar varias interacciones.
- Paso4: Encontrar la combinación óptima (mayor porcentaje de balanceo).

**Paso 1: Recolección de la información necesaria.**

En esta etapa se realizó la recolección de los siguientes datos:

Turno de trabajo en horas: 8 horas

Salario por operador por día: 16\$/día

**Tabla 28: Recolección de la información necesaria, balanceo de línea.**

N o	DESCRIPCION DE LA TAREA	ITERACION 1 (BASE)		
		TIEMPO POR UNIDAD POR OPERARIO	Nº DE OPERADORE S	TIEMPO POR UNIDAD
1	Corte o patrón	0:04:16	2	0:02:08
2	Serigrafía	0:04:58	2	0:02:29
3	Bordado	0:04:34	2	0:02:17
4	Armado/Confección	0:18:55	5	0:03:47
5	Acabado	0:16:48	4	0:04:12
6	Empaque	0:03:04	2	0:01:32

**Elaborado por:** El autor

**Paso 2: Calcular los índices y variables de decisión, entre ellos.**

Con esta información se calcula los indicadores de balanceo actual de la línea de producción:

**Tabla 29: Calcular los índices y variables de decisión, balanceo de líneas.**

Indicadores de balanceo actual de la línea de producción:		
<b>A</b>	<b>TIEMPO TOTAL DE LA TAREA (Horas, minutos, segundos).</b>	0:52:35
<b>B</b>	<b>CICLO DE CONTROL (RITMO DEL CUELLO) (Horas, minutos, segundos).</b>	0:04:12
<b>C</b>	<b>No. DE OPERARIOS EN LA LÍNEA</b>	17
<b>D</b>	<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE (Horas , minutos, segundos).</b>	1:11:24
<b>E</b>	<b>% BALANCE DE LÍNEA.</b>	73,65%
<b>F</b>	<b>CICLO DE TRABAJO AJUSTADO.</b>	0:04:12
<b>G</b>	<b>UNIDADES / HORA.</b>	14,29
<b>H</b>	<b>UNIDADES / TURNO.</b>	114
<b>I</b>	<b>UNIDADES / OPERARIOS.</b>	6,71
<b>J</b>	<b>COSTO DE MANO DE OBRA POR UNIDAD \$/unidad.</b>	\$ 2,33

**Elaborado por:** El autor

Se puede observar que el porcentaje de balanceo actual de la línea de producción es el 73,63%, por lo que se confirma una baja utilización de los recursos.

**Paso 3: Realizar varias interacciones.**

Con el objetivo de encontrar la combinación ideal de la mano de obra que represente el mayor porcentaje de balanceo de línea se realiza doce interacciones adicionales, incluido el cálculo de los indicadores de balanceo teórico de la línea de producción como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 30: Interacciones, balanceo de linea.**

Nº	DESCRIPCION DE LA TAREA	ITERACION 1 (BASE)		ITERACION 2		ITERACION 3		ITERACION 4		ITERACION 5		ITERACION 6		ITERACION 7		ITERACION 8		ITERACION 9		ITERACION 10		ITERACION 11		ITERACION 12		
		TIE MP O POR UNIDAD POR OPERARIO	Nº DE OP	TIE MPO POR UNIDAD	TIE MP O	OP	TIE MP O	OP	TIE MP O	OP	TIE MP O	OP	TIE MP O	OP	TIE MP O	OP	TIE MP O	OP	TIE MP O	OP	TIE MP O	OP	TIE MP O	OP	TIE MP O	OP
1	Corte o patrón	0:04:16	2	0:02:08	0:01:04	2	0:02:08	2	0:02:08	2	0:02:08	2	0:02:08	2	0:02:08	2	0:02:08	2	0:02:08	2	0:02:08	2	0:02:08	2	0:01:25	3
2	Serigrafía	0:04:58	2	0:02:29	0:02:29	2	0:02:29	2	0:02:29	2	0:02:29	2	0:02:29	2	0:01:39	3	0:01:39	3	0:01:39	3	0:01:39	3	0:01:39	3	0:01:39	3
3	Bordado	0:04:34	2	0:02:17	0:02:17	2	0:02:17	2	0:02:17	2	0:02:17	2	0:02:17	2	0:02:17	2	0:02:17	2	0:02:17	2	0:01:31	3	0:01:31	3	0:01:31	3
4	Armado/Confección	0:18:55	5	0:03:47	0:03:47	5	0:03:09	6	0:03:09	6	0:02:42	7	0:02:42	7	0:02:22	8	0:02:22	8	0:02:22	8	0:02:06	9	0:02:06	9	0:02:06	9
5	Acabado	0:16:48	4	0:04:12	0:03:22	5	0:03:22	5	0:02:48	6	0:02:48	6	0:02:24	7	0:02:24	7	0:02:24	7	0:02:06	8	0:02:06	8	0:02:06	8	0:02:06	8

<b>6</b>	Empaque	0:03:0 4	2	0:01:3 2	0:01:3 2	2	0:01: 32	2	0:01: 32	2	0:01: 32	2	0:01: 32	2	0:01: 32	2	0:01: 32	2	0:01: 32	2	0:01: 32	2	0:01: 32	2		
<b>A</b>	<b>TIEMPO TOTAL DE LA TAREA</b>	0:52:35			0:50:27		0:52:35		0:52:35		0:52:35		0:52:35		0:52:35		0:52:35		0:52:35		0:52:35		0:52:35			
<b>B</b>	<b>CICLO DE CONTROL (RITMO DEL CUELLO)</b>	0:04:12			0:03:47		0:03:22		0:03:09		0:02:48		0:02:42		0:02:29		0:02:24		0:02:22		0:02:17		0:02:08		0:02:06	
<b>C</b>	<b>No, DE OPERARIOS EN LA LÍNEA</b>	17			18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28	
<b>D</b>	<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	1:11:24			1:08:06		1:03:50		1:03:03		0:58:48		0:59:27		0:57:07		0:57:36		0:59:07		0:59:22		0:57:36		0:58:51	
<b>E</b>	<b>% BALANCE DE LÍNEA</b>	73,65%			74,08%		82,37%		83,39%		89,43%		88,45%		92,06%		91,29%		88,95%		88,57%		91,29%		89,35%	
<b>F</b>	<b>CICLO DE TRABAJO AJUSTADO</b>	0:04:12			0:03:47		0:03:22		0:03:09		0:02:48		0:02:42		0:02:29		0:02:24		0:02:22		0:02:17		0:02:08		0:02:06	
<b>G</b>	<b>UNIDADES / HORA</b>	14,29			15,86		17,86		19,03		21,43		22,20		24,16		25,00		25,37		26,28		28,13		28,55	

<b>H</b>	<b>UNIDADES / TURNO</b>	114	126	142	152	171	177	193	200	202	210	225	228
<b>I</b>	<b>UNIDADES / OPERARIOS</b>	6,71	7,00	7,47	7,60	8,14	8,05	8,39	8,33	8,08	8,08	8,33	8,14
<b>J</b>	<b>COSTO DE MANO DE OBRA POR UNIDAD</b>	\$ 2,33	\$ 2,23	\$ 2,09	\$ 2,06	\$ 1,92	\$ 1,94	\$ 1,86	\$ 1,87	\$ 1,93	\$ 1,93	\$ 1,87	\$ 1,92

**Elaborado por:** El autor

#### **Paso 4: Combinación óptima (mayor porcentaje de balanceo).**

Al analizar las interacciones generadas en el paso anterior se puede observar que la combinación que tiene el mayor porcentaje de balanceo de línea es la No. 4 con un 92.06%, lo que representa un aumento del 18,41% de la actual combinación de la línea de producción, los indicadores de balanceo de la línea de producción ideal se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 31: Indicadores de balanceo de línea, combinación óptima.**

<b>A</b>	<b>TIEMPO TOTAL DE LA TAREA (Horas, minutos, segundos).</b>	0:52:35
<b>B</b>	<b>CICLO DE CONTROL (RITMO DEL CUELLO) (Horas, minutos, segundos).</b>	0:02:29
<b>C</b>	<b>No. DE OPERARIOS EN LA LÍNEA.</b>	23
<b>D</b>	<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE (Horas, minutos, segundos).</b>	0:57:07
<b>E</b>	<b>% BALANCE DE LÍNEA.</b>	92,06%
<b>F</b>	<b>CICLO DE TRABAJO AJUSTADO.</b>	0:02:29
<b>G</b>	<b>UNIDADES / HORA.</b>	24.16
<b>H</b>	<b>UNIDADES / TURNO.</b>	193
<b>I</b>	<b>UNIDADES / OPERARIOS.</b>	8,39
<b>J</b>	<b>COSTO DE MANO DE OBRA POR UNIDAD \$/unidad.</b>	\$ 1,86

**Elaborado por:** El autor

El número de operadores teóricos necesarios para cada tarea o subproceso se muestran en la siguiente tabla:

**TABLA 32: Operadores teóricos necesarios para cada tarea o subproceso, combinacion optima.**

No	DESCRIPCION DE LA TAREA	ITERACION 7	
		TIEMPO	OPERADORES
1	Corte o patrón	0:02:08	2
2	Serigrafía	0:02:29	2
3	Bordado	0:02:17	2
4	Armado/Confección	0:02:22	8
5	Acabado	0:02:24	7
6	Empaque	0:01:32	2

Elaborado por: El autor

### Análisis

La línea de producción textil de la empresa en estudio, balanceada técnicamente representa los beneficios descritos en la siguiente tabla:

**Tabla 33: Beneficios del balanceo de la línea de producción, línea actual Vs. línea balanceada.**

<b>A</b>	<b>TIEMPO TOTAL DE LA TAREA (Horas, minutos, segundos).</b>	0:52:35	0:52:35	No hay variación.
<b>B</b>	<b>CICLO DE CONTROL (RITMO DEL CUELLO) (Horas, minutos, segundos).</b>	0:04:12	0:02:29	Aumenta el ritmo de trabajo al disminuir el tiempo estándar del cuello de botella.
<b>C</b>	<b>No. DE OPERARIOS EN LA LÍNEA.</b>	17	23	Aumento el número de operarios.



<b>D</b>	<b>TIEMPO DISPONIBLE TOTAL (Horas, minutos, segundos).</b>	1:11:24	0:57:07	Disminuye el tiempo disponible de la línea de producción en relación con el cuello de botella o ritmo de la línea
<b>E</b>	<b>% BALANCE DE LÍNEA.</b>	73,65%	92,06%	Aumenta el porcentaje de balanceo de la línea de producción.
<b>F</b>	<b>CICLO DE TRABAJO AJUSTADO.</b>	0:04:12	0:02:29	Disminuye el tiempo de ciclo.
<b>G</b>	<b>UNIDADES / HORA.</b>	14,29	24,16	Aumenta el número de unidades producidas por hora.
<b>H</b>	<b>UNIDADES / TURNO.</b>	114	193	Aumenta el número de unidades producidas por turno.
<b>I</b>	<b>UNIDADES / OPERARIOS.</b>	6,71	8,39	Aumenta el número de unidades producidas por operario.
<b>J</b>	<b>COSTO DE MANO DE OBRA POR UNIDAD \$/unidad.</b>	\$ 2,33	\$ 1,86	Disminuye el costo unitario de producción.

**Elaborado por:** El autor

### **6.7.3. Planteamiento y validación de modelo matemático de predicción multi-variante**

Para beneficio de la empresa se plantea el siguiente objetivo:

Plantear un modelo de regresión lineal múltiple que permita predecir la productividad del proceso de producción textil en función de los desperdicios.

### Variable dependiente

- Productividad laboral (\$ ganados / \$ invertidos).

### Variables independientes

- Inventario promedio en proceso (prendas).
- Sobreproducción (prendas).
- Transporte de producto en proceso (metros).
- Tiempo de espera (minutos).

Nota: se excluyen las variables independientes: unidades reprocesadas y unidades con falla, ya que las mismas no influyen significativamente en la variable dependiente: productividad (Ver apartado 4.3).

### **Planteamiento de la ecuación de regresión lineal múltiple:**

$$Y = A + B1X1 + B2X2 + B3X3 + B4X4$$

$$Y = 0,15 + (-0,002) X1 + (-0,001) X2 + (-3,954E-6) X3 + (-0,001) X4$$

*Dónde:*

➤ *Y = Variable dependiente*

*Y = Productividad*

*A = intersección con el eje y*

*B1, B2, B3, B4, B5, B6; constantes*

➤ *X=Variable independiente*

*X1 = inventario promedio en proceso (prendas)*

*X2 = sobreproducción (prendas)*

*X3 = transporte de producto en proceso (metros)*

*X4 = tiempo de espera (minutos)*

## Validación del modelo.

Precio a la utilización del modelo matemático de regresión lineal planteado, que permita predecir la productividad, se realizan las siguientes comprobaciones de los supuestos estadísticos que este debe cumplir:

### 1) Normalidad de los residuos.

Para realizar la prueba de normalidad de los residuos se utiliza la prueba de Kolmogorov-Smirnova, para muestras mayores a 30 observaciones, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 34: Prueba de normalidad de residuos.**

Pruebas de normalidad			
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
	Estadístico	gl	Sig.
Unstandardized Residual	,077	2280	,060
a. Corrección de significación de Lilliefors			

**Elaborado por:** El autor, SPSS software

Planteamiento de hipótesis:

Ho: Los residuos de la pérdida de la productividad realizada del modelo de regresión lineal múltiple se asemejan a un comportamiento estadístico normal.

H1: Los residuos de la pérdida de la productividad realizada del modelo de regresión lineal múltiple no se asemejan a un comportamiento estadístico normal.

Análisis

Después de realizar la prueba de normalidad se puede observar que el valor p es  $0,06 > 0,05$ , por consiguiente, se rechaza la hipótesis alternativa (H1) y se acepta la hipótesis nula (H0), es decir Los residuos de la pérdida de la productividad realizada del modelo de regresión lineal múltiple se asemejan a un comportamiento estadístico normal.

### 2) Independencia o no auto-correlación

Para comprobar la independencia de las variables independientes del modelo de regresión lineal múltiple planteado se utiliza el estadístico Durbin-watson, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 35: Independencia o no auto-correlación, índice Durbin-Watson.**

Resumen del modelo	
Modelo	Durbin-Watson
1	1,86
a. Predictores: (Constante), TIEMPO_ESPERA, SOBREPDUCCION, TRANSPORTE, INVENTARIO	
b. Variable dependiente: PRODUCTIVIDAD	

**Elaborado por:** El autor, SPSS software

#### Análisis

Se puede observar que el estadístico de Durbin Watson para el análisis de independencia de los residuos del presente modelo es 1.86, valor que se encuentra dentro del rango: entre 1,5 y 2,5, lo que significa que no existe auto-correlación entre las variables independientes.

### 3) Multicolinealidad

Para comprobar la falta de linealidad perfecta entre los regresores del modelo de predicción multi-variante planteado, se realizó en el software estadístico SPSS la prueba de multicolinealidad, como se muestra en la siguiente tabla, tomando como referencia para el análisis, los indicadores VIF y la tolerancia:

**Tabla 36: Estadísticas de colinealidad.**

Modelo		Estadísticas de colinealidad	
		Tolerancia	VIF (FAV)
1	(Constante)		
	INVENTARIO	,331	5,294
	SOBREPDUCCION	,680	1,471
	TRANSPORTE	,368	6,710
	TIEMPO_ESPERA	,701	1,686
a. Predictores: (Constante), TIEMPO_ESPERA, SOBREPDUCCION, TRANSPORTE, INVENTARIO			
b. Variable dependiente: PRODUCTIVIDAD			

**Elaborado por:** El autor, SPSS software

Referencia:

Para descartar la multicolinealidad entre las variables independientes es necesario que el valor de indicador estadístico FAV  $< 10$  y el valor del indicador de la tolerancia  $> 0,10$ .

Análisis

Se puede observar que el cálculo de los valores FAV para todas las variables independientes que componen el modelo, son menores a 10 y el cálculo de los valores de la tolerancia son mayores a 0,10, por lo que se concluye que, entre las variables independientes no existe multicolinealidad, es decir no existe linealidad perfecta entre estos.

#### **4) Homocedasticidad de los datos.**

Para verificar el supuesto de homocedasticidad del modelo de predicción multi-variante planteado se realiza con el estadístico de comparación de varianzas “Levine”, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 37: Prueba de homogeneidad de varianzas.**

Estadístico de Levine	Sig.
1,215	,308
Variables: TIEMPO_ESPERA, SOBREPDUCCION, TRANSPORTE, INVENTARIO, PRODUCTIVIDAD	

**Elaborado por:** El autor, SPSS software

Planteamiento de hipótesis

Ho. No existen diferencias significativas entre las variables que conforman el modelo planteado de predicción de la productividad.

H1. Existen diferencias significativas entre las variables que conforman el modelo planteado de predicción de la productividad.

Si valor-p  $> 0,05$  no podemos rechazar la hipótesis nula y concluimos que se cumple el supuesto de homocedasticidad.

## Análisis

Como se puede observar el valor  $p = 0,308$ , valor menor a  $0,05$ , por lo que se acepta la hipótesis nula y se concluye que, no existen diferencias significativas entre las variables que conforman el modelo planteado de predicción de la productividad, cumpliéndose el supuesto de homocedasticidad de los datos que conforman el modelo de predicción planteado.

### **Interpretación del modelo:**

El modelo final se utiliza bajo el modelo administrativo, para la predicción de la productividad a través de la planificación de la reducción de los principales desperdicios, entre ellos: inventario, sobreproducción, transporte, tiempo de espera, a continuación, se describe el modelo matemático final:

Modelo Final:

$$Y = 0,15 + (-0.002) X1 + (-0.001) X2 + (-3,954E-6) X3 + (-0.001) X4$$

*Dónde:*

➤ *Y = Variable dependiente*

*Y = Productividad*

*A = intersección con el eje y*

*B1, B2, B3, B4, B5, B6; constantes*

➤ *X=Variable independiente*

*X1 = inventario promedio en proceso (prendas)*

*X2 = sobreproducción (prendas)*

*X3 = transporte de producto en proceso (metros)*

*X4 = tiempo de espera (minutos)*

Ejemplo: A continuación, se muestra su ejemplo de aplicación:

**Ilustración 20: Modelo de regresión lineal múltiple para producir la productividad, hoja de cálculo.**

Modelo de regresión lineal múltiple para predecir la productividad			
<b>Modelo :Y = a + b<sub>1</sub>X<sub>1</sub> + b<sub>2</sub>X<sub>2</sub> + b<sub>3</sub>X<sub>3</sub> + b<sub>4</sub>X<sub>4</sub></b>			
Inversión en dólares por semana		4000	
Y = <b>Productividad</b>			
a = intercepción en Y		a	0,15
X1, X2, X3, X4, X5; constantes		x1=	-0,002
b1= Inventario promedio en proceso (prendas)		x2=	-0,001
b2= Sobreproducción (prendas)		x3=	-0,000003
b3= Transporte de producto en proceso (metros)		x4=	-0,001
b4= Tiempo de espera (minutos)			
Ingrese los valores correspondientes			
	b1	-10	
	b2	-5	
	b3	-1000	
	b4	-80	
	Variación de la productividad (Dólares Ganados/Dólares Invertidos)		<b>0,258</b>
	Representación den Dólares (\$)		<b>1032</b>

**Elaborado por:** El autor

Si teóricamente, a través de cualquier herramienta de mejora continua, se podría disminuir los siguientes desperdicios: inventario en promedios en 10 unidades, la sobre producción en 5 unidades, el transporte del producto en 1000 metros el tiempo de espera promedio por módulos en 80 minutos, tendríamos una productividad en aumento, estimada en 0,258, lo que representa una ganancia de 1032 dólares.

**Aplicabilidad general del modelo, en empresas similares**

Para definir la aplicabilidad del modelo de predicción de la productividad en función de los desperdicios en otras empresas se toma como referencia la siguiente empresa:

**Datos de la empresa:** Martex, Atuntaqui - Ecuador

**Actividad:** Confección de prendas de vestir

Se procede a caracterizar el sistema productivo de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Tipo de proceso: Lineal, el producto se mueve a través de la planta (si)
- Caracterización: Flujo continuo, niveles de inventarios en cada subprocesso (si)
- Existe un control de calidad al final de los subprocessos (si)

- Existen productos defectuosos y re-procesos (si)
- Enfoque de producción: sistema de producción por empuje (si)

¿Se podría recolectar los siguientes datos?, mediante técnicas de medición estandarizadas y reconocidas:

- Unidades en inventario en promedio por cada estación de trabajo (si)
- Las unidades consideradas como sobre producción (si)
- Transporte en metros del inventario en proceso y terminados (si)
- El número de unidades con falla (si)
- El número de Unidades reprocesadas (si)
- Tiempo de espera por cada estación de trabajo (si)
- Las unidades producidas (si)
- La productividad del sistema (si)
- Costos en general (si)

Fuente: Área de producción, Martex 2017.

La empresa escogida para determinar la aplicabilidad general de las herramientas utilizadas para mejorar la productividad y reducir los desperdicios, presenta características del sistema de producción similares, razón por la cual es posible medir y estimar los datos y variables aplicados en el presente trabajo de investigación.

Por ende se determina la viabilidad de la ampliación del presente estudio en otras empresas de confección textil de iguales características, beneficiando así al sector de confección textil de la zona

## **6.8 ADMINISTRACIÓN**

La responsabilidad de la administración de la productividad alcanzada de la línea de producción será de la administración del personal técnico administrativo de la empresa, quien cuenta con todas los métodos y herramientas de planificación y control de la

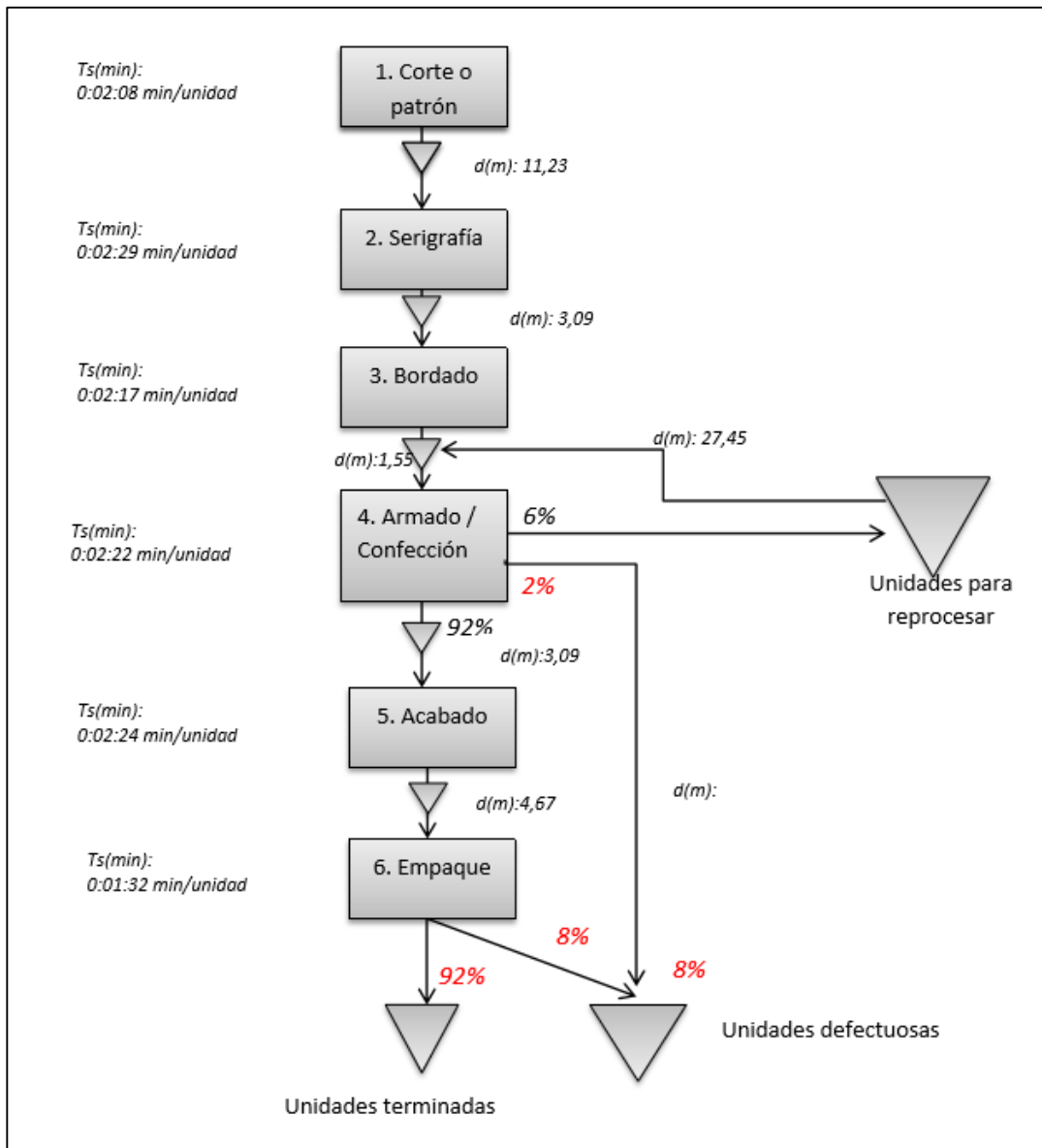





productividad, los mismos que se describen a lo largo del desarrollo del presente trabajo de investigación.

### 6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

La evaluación de la mejora deberá realizarse constantemente, considerando el siguiente modelo de la producción textil:

**Ilustración 21: Diagrama de procesos de producción actual, después de la mejora.**



SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	Subproceso
	Dirección del material/producto
	Almacenamiento/inventario
Ts (min):	Tiempo estándar expresado en minutos
d(m):	Distancia expresada en metros
%	Porcentaje de unidades

*\*Simbología utilizada: BPMN (Business Process Modeling Notation), modelo 2013*

**Elaborado por:** El autor

La medición constante del proceso productivo es importante para establecer un modelo de seguimiento comparativo y de control.

El nivel de productividad alcanzado después de implantar la mejora, será como referente de control de la producción, el mismo que se detalla en el numeral: 4.2.1 Análisis de la productividad, de la presente investigación.

Los niveles de desperdicio en la actualidad deben ser controlados, para mantener la mejora del sistema productivo, dichos niveles se detallan en el numeral: 4.2.1. Interpretación de los desperdicios, de la presente investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

Segui , F., & Medina , A. (2013). *¿Cómo mejorar el desempeño y crear valor público en las oficinas y sistemas estadísticos nacionales en América Latina y el Caribe?* Charleston. SC.: Create space .

Arnoletto, J. (2006). Administración de la producción como ventaja competitiva.

Arrieta, J. G. (2007). Benchmarking sobre Manufactura Esbelta (lean manufacturing) en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*.

Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador.

Barba. (2000). Seis Sigma. *Innovación y tecnología*.

Benjamín, E. (2009). *Organización de empresas*. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Bonilla, E. (2015). La gestión de la calidad y su relación con los costos de desechos y desperdicios en las pymes de la confección textil. *Ulima*.

Bureau Veritas. (2012). Control estadístico de procesos.

Cantú-González, J. R. (2016). Simulación de procesos, una perspectiva en pro del desempeño operacional. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*.

Carreras, M. R. (2010). *LEAN MANUFACTURING evidencia de una necesidad*. España: Ediciones Díaz de Santos.

Casilla, R. (2014). Implementación de la metodología Lean six sigma para reducir los desperdicios de un proceso. *Ingeniería Industrial, Loyola*.

Centro Europeo de empresas innovadoras. (2008). Organización de la producción.

Chase, R. (2009). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. Producción y cadena de suministros*. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

- Chiavenato, I. (2009). *Gestión del Talento Humano*. Bogotá: Mc Graw Hill.
- Cruz, L. (2015). Lean manufacturing: revisión de literatura y análisis de la implementación.
- Cruz, V. (2004). Sistema de gestión de la calidad en el apoyo a la implementación de estrategias de producción ajustada.
- Darinka, Z. C. (2016). La calidad como factor clave para el éxito de la industria textil. *Jovenes en la Ciencia*.
- Domínguez, G., Álvarez, F., & López, A. (2012). Acción tutorial y orientación en el periodo de transición de la Educación Secundaria a la Universidad. La orientación al alumnado de nuevo ingreso. *Revista de docencia universitaria*, 221-241.
- Elva, R. (2015). Los métodos estadísticos como fuente de mejora de la calidad en las empresas de manufactura. *Nova Rua*.
- Evans, C. y. (2009). Mejora de proceso textiles.
- García, O. (2015). Aplicación de la metodología Lean-Sigma en la solución de problemas en procesos de manufactura: Caso de Estudio. *Culcyt*.
- Garrido, S. G. (2012). Ingeniería de mantenimiento, Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial.
- Gómez, M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Córdoba, Argentina: Editorial Brujas.
- Gómez, P. (2010). Lean Manufacturing: flexibilidad, agilidad y productividad.
- Gómez, R. (2012). El Seis Sigma en La Cadena de Suministro. *Entre ciencia e ingeniería*.
- Gryna, F. M. (2007). *Método Juran Análisis y planeación de la calidad*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Gutiérrez, S. C. (2014). *Control de Calidad en la Producción Industria*. Valladolid.
- Hansen, M. (2007). *Administración de costos Contabilidad y control*. México: Cengage Learning Editores, S.A.

- Heizer, J. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones estratégicas*, 8.<sup>a</sup> edición. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.
- Hernández, J. C. (2013). *Lean Manufacturing, conceptos, técnicas e implantación*. Madrid, España: Fundación EOI.
- Instituto Tecnológico de Sonora. (2012). Productividad y Desarrollo, Gestión y aplicación del conocimiento en la mejora del desempeño de operación.
- ISO, O. I. (2015). *Sistema de Gestión de la Calidad*.
- Juarez, V. (2015). Control estadístico de calidad en la fabricación de sacos de polipropileno. *Revista electrónica sobre tecnología, educación y sociedad*.
- Lean Manufacturing, conceptos y técnicas. (2013). En J. C. Hernández, *Lean Manufacturing, conceptos y técnicas*. Madrid.
- López, I. (2014). Uso secuencial de herramientas de control de calidad en procesos productivos: una aplicación en el sector agroalimentario. *Pecunia*.
- Mantilla, L. (2012). Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma. *estudios gerenciales*, Vol. 28, NO. 124.
- Marmolejo, N. (2016). Mejoramiento mediante herramientas de la manufactura esbelta, en una Empresa de Confecciones.
- Mejía, K. P. (2016). Herramienta didáctica para la explicación de conceptos de balanceo de. *Educación en Ingeniería*.
- Monge, C. (2013). Los constructos manufactura esbelta, sustentable y mejora continua. *Información Tecnológica*.
- Monge, C. (2015). *Universidad Autónoma de Nuevo León, México*.
- Montgomery. (2006). El control estadístico de la calidad en las empresas. *Innovación y tecnología*.
- Munch, L. (2007). *Administración. Escuelas, proceso administrativo, áreas funcionales y desarrollo emprendedor*. México: MaCGrawHill.

- Ortiz, E. (2012). *El Desarrollo del Talento Humano en la Empresa Consorcio Tarjeta de Crédito*. Caracas: Universidad de Nueva Esparta.
- Pedraza, M. (2011). Mejoramiento productivo aplicando herramientas de manufactura esbelta. *Escuela de Ingeniería de Antioquia*.
- Peña Orozco, D. L. (2016). Aplicación de técnicas de balanceo de línea para equilibrar las cargas de trabajo en el área de almacenaje de una bodega de almacenamiento. *Scientia Et Technica*.
- Péres, J. (2011). Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo. *Ing. Industrial*.
- Perez, E. (2014). Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. *Tecnología en marcha*.
- Pierdant, A. (2009). Control estadístico de la calidad de un servicio mediante Gráficas X y R. *Política y cultura*.
- Pizarro, J. (2015). Análisis de robustez de procesos para evaluar factibilidad de implementar control en línea. *Ingeniería de calidad*.
- Ponz, J. L. (2013). Implementación de la filosofía six sigma en la construcción. *Universidad técnica de Valencia*.
- Prida, B. (2007). Un caso real de implantación de “lean manufacturing”. Metodología y reflexiones sobre el proceso de implantación. *International Conference on Industrial Engineering & Industrial Management - CIO 2007*.
- Prokopenko, J. (1989). *LA GESTION DE LA PRODUCTIVIDAD, Manual práctico*. Ginebra: OIT.
- Puche, C. (2011). Los efectos favorables del paradigma lean manufacturing sobre la reducción de defectos. Técnicas de simulación discreta. *Industrial*.
- Pulido. (2010). *CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Pulido, H. (2005). *Control estadístico de la calidad y six sigma*. México.

- Pulido, H. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. México: McGrawhill.
- Quintana, A. (2014). Desempeño de cartas de control estadístico con límites bilaterales de probabilidad para monitorear procesos Weibull en mantenimiento. *Ingeniería Investigación y tecnología*.
- Rodríguez, I. (2014). Control cuantitativo de la calidad en una empresa del sector servicios. *Pecunia*.
- Romero Chico, R. A. (2015). Reflexión Crítica de la Administración del Desempeño. *Revista Publicando*, 35 - 51.
- Romero Chico, R. A. (2015). Reflexión crítica de la Administración del Desempeño. *Revista Publicando*, 35-51.
- Sánchez, T. (2008). Conocimiento, aplicación y resultados de las técnicas de Lean manufacturing en las empresas españolas. *II International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*.
- Sanín Posada, J. A., & Salanova Soria, M. (2013). Satisfacción laboral: el camino entre el crecimiento psicológico y el desempeño laboral en empresas colombianas industriales y de servicios. *Universitas Psychologica*, 95-107.
- Santos, J. F. (2008). Metodología de implantación de la gestión lean en plantas industriales. *UNIVERSIA BUSINESS REVIEW*.
- Tejeda, A. S. (2011). Mejoras de lean manufacturing en los sistemas productivos. *Ciencia y Sociedad*.
- UNIT. (2009). INSTITUTO URUGUAYO DE NORMAS TECNICAS.

## ANEXOS

### Anexo 1: Levantamiento de tiempo estándar de producción

#### 1. Determinación de la Muestra

**Tabla 38: Determinación de la Muestra, proceso de producción.**

Datos estadísticos	Tiempo de producción unitario					
	1. Corte o patrón	2. Serigrafía	3. Bordado	3. Confección	4. Acabado	5. Empaque
Número de ejecución de sub - procesos por semana, fuente: Tabbysport	10	750	750	750	750	63
p		0.5	0.5	0.5	0.5	
q		0.5	0.5	0.5	0.5	
Nivel de confianza		95%	95%	95%	95%	
z		1.96	1.96	1.96	1.96	
<b>Muestra</b>	<b>10</b>	<b>255</b>	<b>255</b>	<b>255</b>	<b>255</b>	<b>63</b>

La muestra se tomó durante la producción de una semana (48 horas), aleatoriamente

#### 2. Tiempos estándar de producción

**Tabla 39: Tiempos estándar de producción, por cada subproceso de producción**

Procesos						
Tiempo de producción	Corte patrón	Serigrafía	Bordado	Confección	Acabado	Empaque
Media	2,1400	2,4835	2,2976	3,7843	4,2008	1,5317
Desviación estándar	,33400	,50599	,20331	,48006	,70633	,26990

#### 3. Distancia entre módulos de producción medida en metros



**Tabla 40: Matriz de distancia entre módulos de producción medida en metros**

	<b>Corte_pat rón</b>	<b>Serigraf ía</b>	<b>Borda do</b>	<b>Confecci ón</b>	<b>Acabad o</b>	<b>Empaq ue</b>
Corte o patrón	0	11				
Serigrafía			3			
Bordado				3	27 (reproces o)	
Confección					1,6	
Acabado						4,6
Empaque						-

**Anexo 2:** Prueba de normalidad del tiempo estándar de producción de cada subproceso

Para las pruebas de normalidad de cada proceso se utilizó un nivel de confianza del 95%

1. Corte o patrón

n=10

TIPO DE PRUEBA: SHAPIRO-WILK

**HIPOTESIS**

**Ho:**

Los tiempos unitarios de producción del proceso de Corte o patrón se asemejan a un comportamiento estadístico normal

**H1:**

Los tiempos unitarios de producción del proceso de Corte o patrón no se asemejan a un comportamiento estadístico normal

**Tabla 41: Resultado de pruebas de normalidad, subproceso de corte o patrón**

<b>Pruebas de normalidad</b>						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Corte_patrón	,260	10	,054	,829	10	,033

a. Corrección de significación de Lilliefors

2. Serigrafía

n=255

TIPO DE PRUEBA: KOLMOGOROV-SMIRNOV

**Ho:**

Los tiempos unitarios de producción del proceso de Serigrafía se asemejan a un comportamiento estadístico normal

**H1:**

Los tiempos unitarios de producción del proceso de Serigrafía no se asemejan a un comportamiento estadístico normal

**Tabla 42: Resultado de pruebas de normalidad, subproceso de serigrafía**

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra		
		Serigrafía
N		255
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	2,4835
	Desviación estándar	,50599
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,068
	Positivo	,068
	Negativo	-,058
Estadístico de prueba		,068
Sig. asintótica (bilateral)		,006 <sup>c</sup>
a. La distribución de prueba es normal.		
b. Se calcula a partir de datos.		
c. Corrección de significación de Lilliefors.		

### 3. Bordado

n=255

TIPO DE PRUEBA: KOLMOGOROV-SMIRNOV

#### **Ho:**

Los tiempos unitarios de producción del proceso de Bordado se asemejan a un comportamiento estadístico normal

#### **H1:**

Los tiempos unitarios de producción del proceso de Bordado no se asemejan a un comportamiento estadístico normal

**Tabla 43: Resultado de pruebas de normalidad, subproceso de bordado**

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra		
		Bordado
N		255
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	2,2976
	Desviación estándar	,20331
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,108
	Positivo	,108
	Negativo	-,108
Estadístico de prueba		,108
Sig. asintótica (bilateral)		,001 <sup>c</sup>
a. La distribución de prueba es normal.		

b. Se calcula a partir de datos.
c. Corrección de significación de Lilliefors.

### 3. Confección

n=255

TIPO DE PRUEBA: KOLMOGOROV-SMIRNOV

#### **Ho:**

Los tiempos unitarios de producción del proceso de Confección se asemejan a un comportamiento estadístico normal

#### **H1:**

Los tiempos unitarios de producción del proceso de Confección no se asemejan a un comportamiento estadístico normal

**Tabla 44: Resultado de pruebas de normalidad, subproceso de confección**

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra		
		Confección
N		255
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	3,7843
	Desviación estándar	,48006
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,069
	Positivo	,060
	Negativo	-,069

Estadístico de prueba	,069
Sig. asintótica (bilateral)	,005 <sup>c</sup>
a. La distribución de prueba es normal.	
b. Se calcula a partir de datos.	
c. Corrección de significación de Lilliefors.	

#### 4. Acabado

n=255

TIPO DE PRUEBA: KOLMOGOROV-SMIRNOV

#### **Ho:**

Los tiempos unitarios de producción del proceso de Acabado se asemejan a un comportamiento estadístico normal

#### **H1:**

Los tiempos unitarios de producción del proceso de Acabado no se asemejan a un comportamiento estadístico normal

**Tabla 45: Resultado de pruebas de normalidad, subproceso de acabado**

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra		
		Acabado
N		255
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	4,2008

	Desviación estándar	,70633
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,068
	Positivo	,043
	Negativo	-,068
Estadístico de prueba		,068
Sig. asintótica (bilateral)		,006 <sup>c</sup>
a. La distribución de prueba es normal.		
b. Se calcula a partir de datos.		
c. Corrección de significación de Lilliefors.		

## 5. Empaque

n=63

TIPO DE PRUEBA: KOLMOGOROV-SMIRNOV

### **Ho:**

Los tiempos unitarios de producción del proceso de Empaque se asemejan a un comportamiento estadístico normal

### **H1:**

Los tiempos unitarios de producción del proceso de Empaque no se asemejan a un comportamiento estadístico normal

**Tabla 46: Resultado de pruebas de normalidad, subproceso de empaque**

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra		
		Empaque
N		97
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	1,6155
	Desviación estándar	,19913
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,131
	Positivo	,131
	Negativo	-,095
Estadístico de prueba		,131
Sig. asintótica (bilateral)		,000 <sup>c</sup>
a. La distribución de prueba es normal.		
b. Se calcula a partir de datos.		
c. Corrección de significación de Lilliefors.		

### Análisis

Después de realizar la prueba de normalidad se puede observar que el valor p de los procesos analizados son: 0,033, 0,006, 0,001, 0,005, 0,006 y 0,00, por consiguiente, se rechaza la hipótesis alternativa (H1) y se acepta la hipótesis nula (H0), es decir los datos de cada proceso se asemeja a un comportamiento estadístico normal.

### Medida de tendencia central y dispersión



Se calculó las siguientes medidas de tendencia central y dispersión de cada proceso:

Media ( $\bar{x}$ )

Desviación estándar ( $s$ )

En la siguiente tabla se observan los resultados:

**Tabla 47: Resumen estadísticos, tiempo de producción por unidad de subprocesos de producción**

Resumen de Estadísticos							
		Corte_patrón	Serigrafía	Bordado	Confección	Acabado	Empaque
N	Válido	10	255	255	255	255	63
	Perdidos	0	0	0	0	0	192
Media		2,1400	2,4835	2,2976	3,7843	4,2008	1,5317
Desviación estándar		,33400	,50599	,20331	,48006	,70633	,26990