

# “Control Estadístico de la Calidad para Mejorar la Productividad del Proceso de Producción Textil en la Empresa Fertex”

Autor- Andrea Estefanía Moreno Morales<sup>1</sup>, Coautor-Msc. Andrés Cruz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de julio 5-21 y Gral. José María Córdova, (593 6) 2997800 ext. 7070 Ibarra, Imbabura

Facultad de Ingenierías en Ciencias Aplicadas – Ingeniería Industrial

[aemorenom@utn.edu.ec](mailto:aemorenom@utn.edu.ec)

## Resumen.

El presente trabajo de titulación se desarrolló con la finalidad de mejorar los procesos de producción de la empresa Fertex, y a su vez aumentar la productividad de la misma, mediante la aplicación del control estadístico de la calidad el cual es un eje muy importante en la gestión de una sociedad, ya que a través de herramientas estadísticas permite definir, analizar y controlar las acciones que se ejecutan en el proceso.

Para complementar el estudio, utilizamos la metodología MICEPS que relaciona los requerimientos del cliente, con los procesos productivos involucrados, lo cual es muy esencial para mejorar y tener éxito en las gestiones dentro de la empresa.

Para desarrollar esta propuesta de mejora se utilizaron las siguientes herramientas: metodología MICEPS, prueba de hipótesis  $z$ , gráficos  $\bar{X} - R$  e índice de capacidad, para analizar las anomalías que existe en el proceso crítico del área de producción, con la finalidad de proponer un plan de acción que evidencie las mejoras en la empresa, en este caso el posible resultado es el aumento de la productividad en un 3%, lo cual conlleva a tener procesos eficientes.

## Palabras Claves

Control estadístico de la calidad, metodología MICEPS, Prueba de hipótesis  $z$ , índice de capacidad, Productividad.

## Abstract.

This research was developed with the aim of improving production processes, and raising the productivity of the company, through the application of the statistical quality control which is a very important axis in the management one society, already that through statistical tools allow you to define, analyze and control the actions that are executed in the process.

In order to complement the study, we use the MICEPS methodology that relates to the requirements of the customer, with the production processes involved, which is essential to improve and succeed in efforts within the company.

To develop this improvement proposal, the following tools were used: MICEPS methodology,  $z$  hypothesis test,  $\bar{X} - R$  graphs and capacity index, to analyze the anomalies that exist in the critical process of the production area, with the purpose of To propose a plan of action that evidence the improvements in the company, in this case the possible result is the increase of the productivity by 3%, which implies to have efficient processes.

## Keywords

Statistical quality Control, MICEPS methodology,  $z$  hypothesis test, capacity index, productivity.

## 1. Introducción

En el Ecuador las empresas textiles ocupan un espacio protagónico en el sector industrial, debido a su influyente aporte dentro del mercado laboral, ya que, según estimaciones de la Asociación de Industrias Textiles del Ecuador (AITE), la industria genera alrededor de 50.000 plazas de empleo directas y más de 200.000 indirectas lo que lo ha llevado a ser el segundo sector manufacturero que más mano de obra emplea luego del sector de alimentos, bebidas y tabacos. (AITE, 2013)

Por ello, la industria textil debe enfocarse en el éxito de sus gestiones, mediante el mejoramiento de la eficiencia y productividad en los procesos de producción textil, para cumplir con las exigencias dentro del mercado, y a su vez mantener su posición en el ámbito económico.

El planteamiento de la investigación se justifica en el Plan Nacional de Desarrollo (2017 – 2021), ya que actualmente la industria textil busca mejorar la calidad de sus procesos, para brindar productos de excelencia a la población, específicamente se basará en el *Eje 1: Economía al Servicio de la Sociedad, objetivo 4 (Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria)*

*Política 5.1* “Generar trabajo y empleo dignos fomentando el aprovechamiento de las infraestructuras construidas y las capacidades instaladas”.

*Política 5.2* “Promover la productividad, competitividad y calidad de los productos nacionales, como también la disponibilidad de servicios conexos y otros insumos, para generar valor agregado y procesos de industrialización en los sectores productivos con enfoque a satisfacer la demanda nacional y de exportación”. (Senplades, 2017)

Por lo que en respuesta a este lineamiento se cree conveniente el estudio del control estadístico de la calidad que tiene como objetivo mejorar los procesos textiles de la empresa y por ende la productividad de la empresa, basándose en la metodología MICEPS ya que ésta tiene una efectiva articulación entre los requerimientos del cliente y los sistemas de producción, lo cual es muy importante dentro de una empresa.

## 2. Materiales y Métodos

Tomando en cuenta los análisis de la metodología MICEPS aplicada en el Control estadístico de la calidad y sus diversos enfoques; se detalla el procedimiento que se utiliza para realizar la propuesta de mejora del proceso. Este procedimiento consta de 6 fases:

### Fase 1: Análisis del proceso

El presente estudio de investigación se ha enfocado en primer lugar en el análisis del proceso, el cual, mediante visitas técnicas, fotografías, y previas entrevistas con el Gerente Propietario y operarias de cada área de trabajo, permitió recopilar la información necesaria para el levantamiento de los procesos de la empresa.

Con la información recolectada se procedió a realizar un flujograma, para identificar de manera más concisa los procesos y subprocesos que intervienen en la confección de conjuntos deportivos para niñas y niños.

Finalmente, se realizó un diagrama SIPOC de los subprocesos con la intención de plasmar los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes involucrados, lo cual permitirá conocer más detalladamente cómo funciona la empresa Fertex.

### Fase 2: Identificación de CTS (Críticos de Satisfacción para el cliente)

En la segunda fase se procedió con la identificación de los CTS, para el presente estudio se realizó una entrevista a los clientes principales de la empresa como son: Cliente externo (clientes frecuentes del mercado mayorista de Ambato y Quito) y Cliente interno (área de producción y ventas), con el propósito de conocer las variables que afectan a la satisfacción del cliente, y la relación que éstas tienen con las áreas de la empresa, una vez recolectados los datos, se clasificó los CTS dentro de la tipología CTD (crítico de entrega), CTQ (crítico de calidad) y CTC (crítico de costo).

Se elaboró una tabla de los CTS para los clientes externos y otra tabla para los clientes internos, y finalmente se realizará una matriz donde se combinaron los CTS de los clientes principales de la empresa.

### Fase 3: Construcción de la matriz de influencias variable-proceso

En esta fase se estableció las variables que intervienen en cada subproceso con la información que nos supo manifestar el Gerente de la empresa, seguidamente se realizó la matriz de influencias variable-proceso, para determinar los subprocesos con mayor presencia de variables a lo largo de la línea de producción, los subprocesos resultantes que cuenta con mayor número de variables, fueron estudiados en el presente proyecto de investigación para posteriormente dar posibles soluciones a los problemas que existen.

### Fase 4: Construcción de la matriz de influencias CTS-variables de proceso

Para poder realizar la matriz de influencias CTS-Variables del proceso se realizó una lluvia de ideas dirigida a: la Gerencia, operarias de corte, con el fin de analizar y definir las variables más comunes que inciden en la calidad del producto, por lo que provocan satisfacción del cliente.

También se estableció la prioridad entre las alternativas definidas con los CTS (Críticos de satisfacción del cliente), para ello la participación del grupo de trabajo se indispensable, ya que definen la variable más relevante.

### Fase 5: Análisis del modo y efecto de falla en el proceso

En la quinta fase, se construyó una matriz AMEF que permitirá detectar los modos de falla críticos en la línea de producción de calentadores para niña, para el crítico de mayor importancia, se realizará un plan de acción con la finalidad de garantizar el cumplimiento de la satisfacción del cliente.

Para la elaboración y desarrollo del AMEF, se estableció un grupo de trabajo de 4 personas integrado por: Gerente de Fertex, Operario Corte, 1 Operaria de Confección y un cliente externo, con la intención de conocer y analizar sus criterios, de tal manera que el desarrollo del AMEF sea fructífero.

Como paso inicial detallamos el producto o punto relevante a tratar, seguidamente mencionamos la operación o función a la que pertenece, e identificamos el modo de falla, que es la actividad que se realiza de manera incorrecta, y a su vez el efecto de falla, que es la consecuencia de la actividad ejecutada de manera incorrecta, posteriormente procedemos a colocar el número de Severidad (S).

Luego detallamos las causas de falla con su respectiva puntuación en cuanto a la probabilidad de ocurrencia (o). Con la entrevista que se realizará al Gerente, detallamos si existe o no control de cada operación o función, y colocamos el valor pertinente de Probabilidad de no detección (D).

Luego se realizó el cálculo de NPR, que viene a ser la multiplicación de (S\*o\*D). Para finalizar se identifica posibles acciones correctivas para poder mejorar el proceso productivo.

### Fase 6: Diseño de puntos de control en el proceso

El objetivo estratégico del presente proyecto de investigación se cumple hasta la Fase 5, ya que en el alcance se definió realizar un plan de acción para mejorar la productividad de la empresa, pero se procederá a realizar la fase 6, donde se llevará a cabo las actividades del plan de acción menos costosa y de menor tiempo, para comprobar la mejora del proceso crítico y por ende el progreso de la empresa Fertex.

Para ello en esta etapa, se realizó el diseño de métricos para el control de los efectos de falla identificados previamente a través del AMEF. Posteriormente, se definirán puntos de control en la línea de producción sobre el subproceso de corte y luego se asignarán actividades de inspección.

Como parte de la metodología se elaboró un plan de muestreo de la operación establecida pertinentemente. Se tomará en cuenta la medición las variables del conjunto que tienden a variar de manera continuamente, en este caso según la entrevista con el gerente propietario manifestó que se destacan las siguientes: L1, L2, A3.

Posteriormente se definió el pedido o lote de prendas a evaluar, en este caso fue un lote de 125 conjuntos deportivos, equivalentes a la producción promedio semanal. Considerando la producción promedio semanal de prendas deportivas, se trabajó con la ecuación pertinente para el cálculo, siendo esta:

$$n = \frac{N\sigma^2 z^2}{e^2(N-1) + \sigma^2 z^2}$$

$$n = \frac{125(0,5)^2(1,96)^2}{0,05^2(125-1) + (0,5)^2(1,96)^2} = 94,49$$

Para la toma de las diferentes muestras se trabajó con un número de 5 observaciones de prendas en forma consecutiva y dejar pasar 5 prendas, y volver a seleccionar 5 prendas más, esta actividad es repetitivo hasta cumplir con el número de muestras establecido.

Una vez que se obtuvo el tamaño de la muestra de cada una de las variables de estudio, es decir tanto para la chompa como para el pantalón, se procedió a levantar el conjunto de datos.

Los datos a obtener sirvieron para elaborar los gráficos de control en el software de datos estadísticos recolectados (MINITAB).

Mediante la ecuación obtuvimos un tamaño de lote= 95 prendas y  $\alpha = 95\%$ , procedemos a realizar la prueba de hipótesis z que permite conocer el valor z, la probabilidad y conocer si se rechaza o no las hipótesis planteadas, luego se realizará el estudio de dimensiones (ancho, largo) de las variables establecidas del conjunto deportivo, mediante cartas de control  $\bar{X}$ - R, además de diseñar la gráfica cp, lo que permitirá conocer la capacidad del proceso, y mediante el resultado que arrojó, tomar medidas para mejorar el proceso.

Para concluir, después de establecer un plan de acción, se toma nuevamente una muestra de 95 prendas, y se realiza la gráfica cp nuevamente, para hacer la comparación correspondiente, y se realiza el cálculo de la productividad, definiendo si existe mejoras, lo cual será beneficioso para la empresa.

## 3. Resultados

### Volumen de producción de Fertex

En la Tabla 1 se detalla tanto la producción diaria, como la producción semanal de los conjuntos de deportivos para niñas en el modelo SARA, en las tallas correspondientes, donde se puede evidenciar que la prendas de más demanda en el mercado es la talla 4.

Tabla 1 Volumen de Producción Semanal "Fertex"

PRODUCCIÓN CONJUNTOS DEPORTIVOS - FERTEX			
Tallas	Producción diaria	Producción semanal	Total%
1	10	50	12.5
2	15	75	18.75
4	25	125	31.25
6	10	50	12.5
8	5	25	1.25
10	5	25	1.25
12	5	25	1.25
14	5	25	1.25

### Nivel de productividad inicial de la empresa Fertex

En la Tabla 2 se detalla cada uno de los datos útiles para el cálculo de la productividad inicial en cuanto a la confección de conjuntos deportivos de la talla 4.

Tabla 2 Datos para Cálculo Productividad DATOS EMPRESA FERTEX

Productos obtenidos	25 prendas
Costo mano de obra	\$16.2
Costos indirectos de fabricación	\$4,6
Costo materia prima	\$312,53

$$Productividad = \frac{25 \text{ prendas}}{(16,2+4,6+312,33)\$}$$

$$Productividad = 0,75 \frac{\text{prendas}}{\$}$$

Una vez que se realizaron los cálculos pertinentes con los datos que nos proporcionó el departamento financiero, se obtiene como resultado un 75% de productividad multifactorial inicial de la empresa Fertex, como se puede constatar es un porcentaje bueno, pero en comparación del porcentaje de un año atrás, la productividad ha disminuido en un 5%, por lo que se realizará un análisis que permita conocer el área crítica, y los problemas que tiene, para dar posibles soluciones, y de esta manera mejorar el proceso de producción.

### Identificación del área de producción crítica

El presente estudio de investigación se enfocó en la línea de producción de conjuntos deportivos para niñas (chompa, pantalón), en la talla 4, debido a la gran demanda que este producto tiene en el mercado, generando ingresos considerables a la empresa.

Para el levantamiento de información se realizó una lluvia de ideas con la participación de los operarios de la empresa, con la finalidad de recopilar la información necesaria para constatar los problemas que tienen cada uno de ellos en cada área.

La lluvia de ideas fue realizada en primera instancia a las 6 operarias que se encuentran en el proceso productivo, para tener conocimiento de las inconformidades que tienen cada una de ellas en sus puestos de trabajo al momento de confeccionar los conjuntos deportivos, específicamente en el área de diseño, corte, confección, y empaque, para analizar la prioridad de los distintos problemas existentes, para ello las operarias supieron exponer la siguiente información.

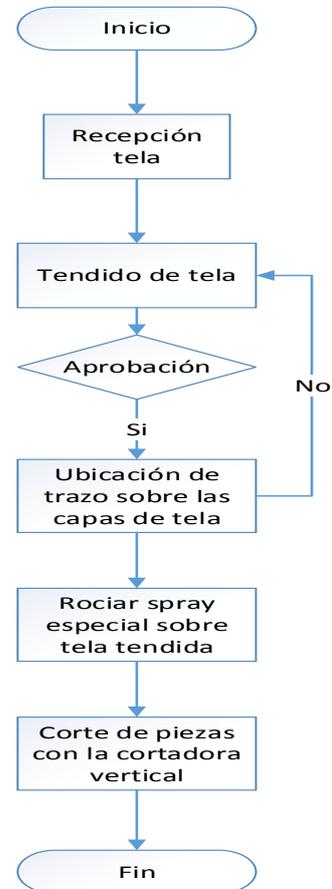
**Tabla 3** Matriz de priorización de área crítica

Nº	Descripción	Proceso	Criterios				Total Puntuación
			Produc.	Calidad	Tiempo de entrega	Costo	
1	Error en escala de mediciones	Diseño	4	3	3	4	3.5
2	Número de piezas no acorde al molde	Diseño	4	3	3	3	3.25
3	Error de tendido de tela	Corte	5	5	5	4	4.75
4	Excesiva cantidad de capas de tela	Corte	5	4	4	5	4.5
5	Mal ubicación de trazo	Corte	5	4	4	4	4.25
6	Fallo método de corte	Corte	4	5	4	4	4.25
7	Falta de materia prima e insumos	Corte	4	3	3	2	3
8	Unión de piezas disparejas	Confección	2	4	1	3	2.5
9	Error de cosido en prendas	Confección	2	3	3	3	2.75
10	Mala organización producto terminado	Empaque	1	2	1	2	1.5

Con los resultados obtenidos se pudo definir que el área de corte, cuenta con mayor número de problemas, los cuáles provocan mayor impacto negativo al momento de confeccionar los conjuntos deportivos que ofrece Fertex, por tanto, se determina que ésta área será motivo de estudio.

### Flujograma de proceso crítico

Para conocer de manera general el proceso de corte, se elaboró un flujograma detallado en la figura 1 el cual permitió identificar los subprocesos y actividades que se ejecutan dentro de la etapa del proceso crítico.



**Figura 1.** Flujograma del área de corte

### Diagrama SIPOC

En la figura 2 se detalla el Diagrama SIPOC de los subprocesos involucrados, donde se definen los proveedores, entradas, salidas y los clientes, que intervienen en cada una de las etapas establecidas en el Diagrama de Procesos de Corte.

De acuerdo a la figura 1, el proceso de corte inicia con la recepción de tela, para continuar con el tendido de tela, en este punto el operario tiende el número de capas de tela de acuerdo a la orden del número de piezas solicitadas.

Continuamente si la tela no está tendida correctamente la actividad se debe repetir hasta que está este bien ejecutada, y, si la operación se realizó adecuadamente continua el proceso, y se procede a colocar las láminas de plotter, o el trazo sobre las capas de tela con la finalidad, y se pone un spray especial sobre las mismas con la finalidad que no se mueva la lámina del diseño de piezas.

Finalmente el operario realiza el corte de las piezas de la prenda a confeccionar con la cortadora vertical.

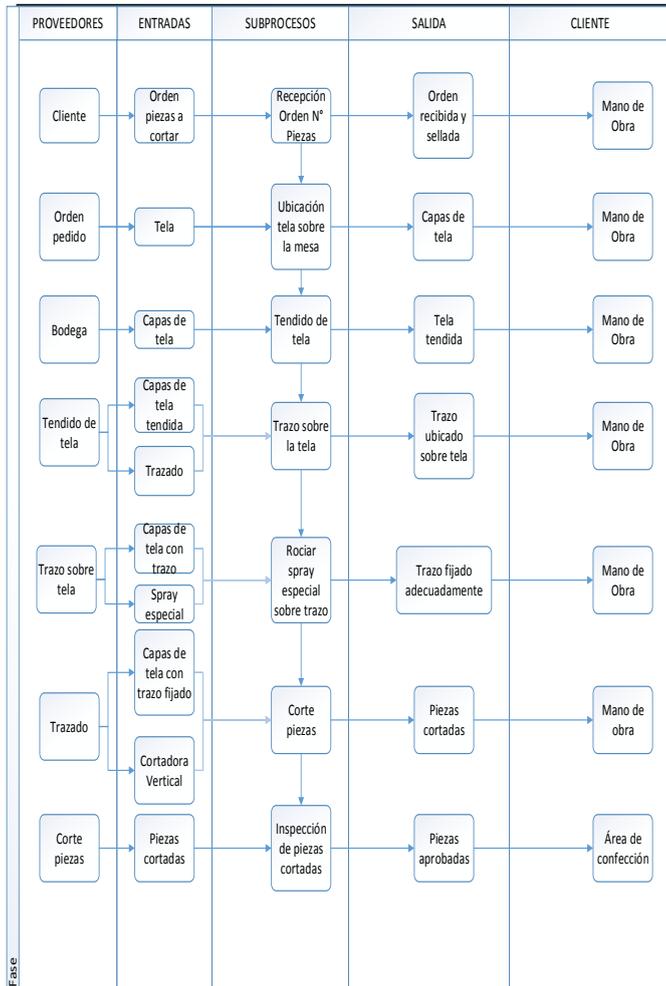


Figura 2. SIPOC Corte

### CTS de los clientes

Para el levantamiento de información se ha realizado una entrevista a los clientes internos y externos de la empresa, con la finalidad de recopilar la información necesaria, conocer sus necesidades y expectativas ante el producto final que ofrece Fertex. A través de los resultados obtenidos a través de la entrevista se realizó la Tabla 4 donde se mencionan los críticos de los clientes y los procesos relacionados con el cumplimiento de cada uno de ellos.

Tabla 4 CTS de los clientes internos y externos

Cliente	CTS	Procesos relacionados con el cumplimiento de CTS	
CLIENTES INTERNOS- EXTERNOS	CTD	Tamaño correcto del pedido	Producción, Ventas
		Entrega a tiempo del producto	Producción, Ventas
		Entrega a tiempo de las especificaciones técnicas del producto	Producción, Ventas
	CTQ	Producto correctamente embalado	Producción
		Variabilidad de tallas	Producción
		Defectos en costura	Producción
		Defectos en ensamble	Producción
	CTC	Defectos por mancha	Producción
		Precio atractivo del producto	Ventas
		Porcentaje bajo de desperdicios de materia prima e insumos	Producción
	Reducción de tiempo ocioso	Producción	
	Bajo índice de reproceso	Producción	

Es esencial conocer y analizar la información que proporcionan los clientes, porque el principal objetivo de la empresa Fertex es brindar satisfacción al cliente mediante el

producto que ofertan, por ello se trata de enfocarse en los datos recolectados para realizar un estudio al proceso textil y cada vez mejorar la calidad del producto demandado.

Posteriormente se establecieron las variables del proceso que pueden causar cambios ya sea en la entrada o salida del proceso, afectando de esta manera al producto.

A través del Diagrama SIPOC de corte citado con anterioridad se identificaron los siguientes subprocesos detallados a continuación:

- Recepción de orden de pedido (piezas a cortar)
- Ubicación de tela sobre la mesa
- Tendido de la tela
- Trazo sobre las capas de tela
- Rociar un spray sobre el trazo y la tela
- Corte de piezas
- Inspección de piezas cortadas

A continuación, en la Tabla 5 se definieron las variables para cada etapa, que han sido analizadas.

Tabla 5 Variables presentes en cada sub-proceso (etapa)

N°	Sub-Proceso (etapas)	Variables
		Verificación de orden
	Recepción de orden de pedido (piezas a cortar)	Cantidad correcta de capas de tela
	Ubicación de tela sobre la mesa	Cantidad correcta de capas de tela Amontonamiento de tela Uniformidad tendido tela
	Tendido de la tela	Cantidad correcta de capas de tela Medición correcta de piezas Medición correcta de piezas
	Trazo sobre las capas de tela	Correcta ubicación de trazado sobre capas de tela
	Rociar spray especial sobre el trazo y la tela	Rociar el spray por todo el trazo Medición correcta de piezas
	Corte de piezas	Uso máquina cortadora Filo de cuchillas Uniformidad tendido tela Amontonamiento de tela Correcta ubicación de trazado sobre capas de tela Medición correcta de piezas
	Control de piezas cortadas	Medición correcta de piezas Uniformidad tendido tela

De la Tabla 5 se concluyó que las variables que tienen más presencia dentro de los subprocesos son: Medición correcta de piezas (5 subprocesos), Uniformidad tendido de tela (3 subprocesos). La medición correcta de piezas está presente en la mayoría de subprocesos debido que es una actividad clave que debe ejecutarse adecuadamente ya que genera gran impacto en el proceso de corte. La uniformidad de tendido de tela es de suma importancia al momento de realizar el corte de piezas, es por ello que se debe tener mucho cuidado cuando se está realizando esta operación, por la relevancia de la actividad mencionada, ésta se encuentra involucrada con 3 subprocesos.

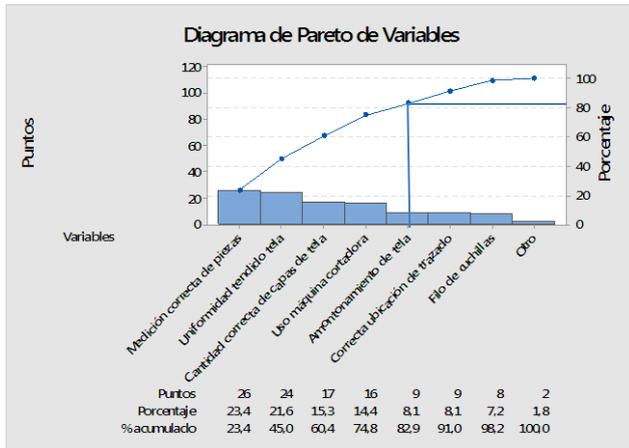
### Matriz CTS

Continuamente en la tabla 6 se relacionaron las variables identificadas en la Tabla 5 con los requisitos del cliente que fueron definidas con anterioridad CTD, CTQ Y CTC.

**Tabla 6** Matriz CTS

PROCESO	CTS												TOTAL
	CTD				CTQ				CTC				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
CONFECCIÓN DE CONJUNTOS DEPORTIVOS PARA NIÑAS (CORTE)	Tamaño correcto de pedido	Entrega a tiempo de producto	Entrega a tiempo de las especificaciones del producto	Producto correcto, embalado	Variabilidad de empaques	Defectos en costura	Defectos en ensamble	Defectos por material	Precio atractivo del producto.	Porcentaje bajo de MP e insumos.	Reducción del tiempo ocioso de reproceso	Bajo índice de reproceso	
Verificación de Orden	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Cantidad correcta de capas de tela	0	4	0	0	5	0	1	0	2	1	3	1	17
Amontamiento de tela	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	1	9
Uniformidad tendido tela	0	3	0	0	5	0	4	0	3	5	3	1	24
Medición correcta de piezas	0	4	0	0	5	3	4	0	3	1	3	3	26
Correcta ubicación de trazado	0	0	0	0	3	0	0	0	0	5	3	1	9
Rociar el spray por toda el trazo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uso máquina cortadora	0	4	0	0	5	0	3	0	1	1	1	1	16
Filo de cuchillas	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3	3	8

A continuación, se construyó el Diagrama de Pareto expuesto en la figura 3, para constatar las variables más relevantes que contribuyen al cumplimiento de los CTS.



**Figura 3.** Diagrama de Pareto de las variables

Como conclusión del Diagrama de Pareto nos enfocaremos especialmente en las etapas de

- Medición correcta de piezas
- Uniformidad tendido tela
- Cantidad correcta de capas de tela
- Uso máquina cortadora

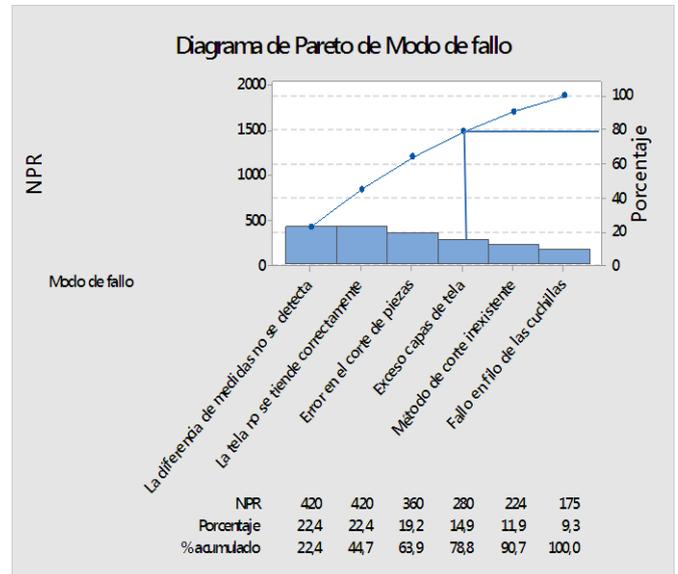
**Matriz AMEF**

En el AMEF de la figura 4 en el proceso de corte se determinó los posibles modos de fallo, efecto y causas de fallo de las 4 variables definidas con anterioridad.

ANÁLISIS DE MODOS EFECTOS Y CAUSAS									
MP de proyecto 01		Proceso Corte				Producto terminado: Conjunto deportivo niño/niña pantalón, talla 4			
Responsabilidad Gerente Perito		Lider del proyecto Ing. Fernando Oviano				Elaborado por: Andrés Moreno			
		Fecha AMEF original: 18-02-2017				Última versión: 01-03-2018			
Variables	Modo de fallo	Efecto de fallo	Severidad (S)	Causa de fallo	Probabilidad de ocurrencia (O)	Control	Probabilidad de no detección (D)	NPR	Acción Correctiva
Medición correcta de piezas	La diferencia de medidas no se detecta	Fallo en medidas	10	Incorrecto tendido de tela, error en método de corte	7	Visual	6	420	Establecer gráficas de control para las diferencias de medidas de piezas
	Error en el corte de piezas	Fallas en medidas	10	Mal pulso del operario	6	Visual	6	360	Capacitación a operario, control de piezas cortadas
Uniformidad tendido tela	La tela no se tiende correctamente	Fallas en medidas	10	Cantidad de tela inadecuado	7	Visual	6	420	Control de operación, verificar que no exista ondulación al tender la tela
	Elasticidad de tela	Falla en medidas	7	Material de la tela	5	Visual	5	175	Control de calidad de tela
Cantidad correcta de capas de tela	Exceso capas de tela	Deficiente tela	7	Falta control operario	6	Visual	5	280	Control de operación, establecer límite de capas de tela
Máquina cortadora	Fallo en filo de las cuchillas	Error en corte de piezas	7	Mal mantenimiento	5	Filo o cambio de cuchillas constantemente	5	175	Mantenimiento de consumibles, cada mes
Amontamiento de tela	Método de corte inexistente	Deficiente tela	8	Manejo pulso del operario	4	Visual	7	224	Capacitación al operario

**Figura 4.** Matriz AMEF

Mediante el Diagrama de Pareto que se presenta en la figura 5 se priorizaron los modos de fallo con mayor puntuación de acuerdo a los resultados del NPR.



**Figura 5.** Diagrama de Pareto-Modo Falla

Como resultado de gráfico de Pareto obtuvimos los siguientes modos de fallo de más importancia, establecidos en la Tabla 7.

**Tabla 7** Modo de Fallos priorizados

Modo de fallo	NPR
La diferencia de medidas no se detecta	420
La tela no se tiende correctamente	420
Error en el corte de piezas	360
Exceso capas de tela	280

A través de cálculos que se realizaron se detectaron los modos de fallo con mayor puntuación de NPR, lo que indica que dichos errores son aquellos que perjudican al producto final, y consecuentemente al proceso de corte.

De cierta manera al priorizar los modos de fallo, algunas variables ya no son consideradas, de las 4 variables, ahora solo quedan 3 que son: Medición correcta de piezas, uniformidad de tendido de tela y cantidad correcta de capas de tela.

La metodología que se ha resumido previamente, ha consistido en valorizar las variables más importantes en el proceso, así como también las fallas potenciales, que tienen relación con los requerimientos del cliente (CTS).

**Plan de acción**

Para evitar o reducir los modos de fallo de más importancia, una vez que se tiene claro los errores más elocuentes se realizó un plan de acción con la intención de prevenir o reducir los modos de fallo, para de esta manera tener mayor eficiencia en el proceso de producción de calentadores para niña.

**Tabla 8** Plan de acción

Acciones de mitigación o mejora	Responsable del plan	Tiempo de ejecución	Recursos	Entregables	
Establecer gráficas de control para las diferencias de medidas de piezas	Jefe de Producción	1 semana	Software Minitab Hoja de verificación	\$300 \$0,2	Hoja de verificación
Control de operación, establecer valores óptimos para tendido de tela	Gerente	1 semana	Hoja de inspección de datos	\$0,2	Hoja de inspección de datos
Capacitación a operario, control de piezas cortadas	Gerente	2 semanas	Computador Hoja de inspección de datos	\$400 \$0,2	Hoja de inspección de datos
Control de operación, establecer límite de capas de tela. Cortadora de 6" máximo 50 capas, con una medida de 4m de largo, y un mínimo de 12 capas	Operario Corte	1 semana	Hoja de inspección de datos	\$0,2	Hoja de inspección de datos

Se establecieron cuatro acciones de mejora dentro del proceso de corte para agregar valor a las actividades que se ejecutan, por otra parte, también se definió el responsable que se hará cargo de inspeccionar y llevar a cabo el plan, se determinó el tiempo de ejecución, es decir el tiempo que demorará implementar el plan de mejora, se definió los recursos utilizados y a su vez el costo que genera cada uno de ellos.

Mediante la implementación de planes de mejora o mitigación se obtiene resultados positivos dentro del proceso de producción, generando un avance considerable de la empresa, ya que al contar con procesos estandarizados se ahorra tiempo y dinero.

Como etapa final se procedió al diseño de métricos para el control de los efectos de falla determinados en la matriz AMEF, en la Tabla 9 se menciona las variables, los modos de fallo, efecto de fallo, los métricos establecidos y la frecuencia de medición con la que se debe realizar las actividades, es decir se estableció los métricos para cada modo de fallo.

**Tabla 9** Métricos según efecto de falla

Variables	Modo de fallo	Efecto de fallo	Métrico	Frecuencia de Medición
Medición correcta de piezas	La diferencia de medidas no se detecta	Falla en medidas	Diferencias de mediciones reales de variables de la prenda (largo-ancho)	Cada lote de producción
	Error en el corte de piezas	Fallas en medidas	Diferencias de mediciones reales de variables de la prenda (largo-ancho)	Cada lote de producción
Uniformidad tendido tela	La tela no se tiende correctamente	Fallas en medidas	Visualizar el número de ondas en las capas de tela (no debe existir ninguna)	Cada lote de producción
Cantidad correcta de capas de tela	Exceso capas de tela	Desperdicio tela	Número de capas establecido: min 12 capas de tela y máx. 50 debido a la capacidad de la cortadora vertical	Cada lote de producción

En la tabla 9 se definió los métricos para los cuatro modos de fallo que se despliegan de las tres variables. Como un métrico para la diferencia de medidas que no se detecta se estableció realizar mediciones de las variables de la prenda, llenando la hoja de inspección de la actividad, de igual manera se tomó esta medida ante el error en corte de piezas.

La tela no se tiende correctamente es otro modo de fallo, para el cuál se definió que el métrico es visualizar el número de ondas en las capas de tela, ya que para que la actividad de corte sea eficiente, la tela no deberá tener ni una onda.

Ante el exceso de capas de tela, se estableció un límite mínimo y máximo de láminas de tela, ya que, si se coloca menos del límite, las capas de tela tienden a arrugarse provocando que el operario ejecute de manera errónea la operación, y por otra parte si se excede el límite de capas, no se logra cortar la cantidad de piezas definidas, existiendo un desperdicio de tela considerable.

Posteriormente se procede a la definición de los puntos de inspección y actividades de inspección. Para los puntos de inspección se tomó como referencia el flujograma del proceso de producción, en estos puntos se procederá a la toma de valores, datos o muestras que posteriormente servirán para la realización de los gráficos de control. En la tabla 10 se expone los puntos de inspección.

**Tabla 10** Puntos de Inspección

Modo de fallo	Punto de inspección
La diferencia de medidas no se detecta	Corte de piezas
La tela no se tiende correctamente	Tendido de tela
Error en el corte de piezas	Corte de piezas
Exceso capas de tela	Tendido de tela

Por medio de la tabla 10 se pudo observar que se han definido 3 puntos de inspección, y que solo uno de ellos necesita un plan de muestreo, como es medición correcta de piezas, este monitoreo se realizó a través de la toma aleatoria de medidas de la prenda por parte del operario del área de corte con la ayuda de una cinta métrica, y llenando una hoja de control.

**Prueba de hipótesis z**

Para el cálculo de prueba de hipótesis z, realizamos los siguientes pasos:

**Paso 1:** Establecer la hipótesis nula y alternativa

$H_0: \mu = \bar{X}$  La media de la población es igual a la media de la muestra

$H_1: \mu \neq \bar{X}$  La media de la población no es igual a la media de la muestra

**Paso 2:** Seleccionar el nivel de significancia

$\alpha = 0,05$ , porque se toma en cuenta un nivel de confianza del 95%, por tanto, el valor crítico de z es 1,645

**Paso 3:** Se realiza el análisis estadístico aplicando la siguiente fórmula:

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{42,02 - 42,00}{0,19/\sqrt{19}} = 1,03$$

**Paso 4:** Interpretación de resultado

La z crítica es 1,645, y la z calculada es de 1,03, por tanto no se rechaza la hipótesis nula a un nivel de significancia de 0,05. En la figura 45 se muestra la gráfica de distribución.

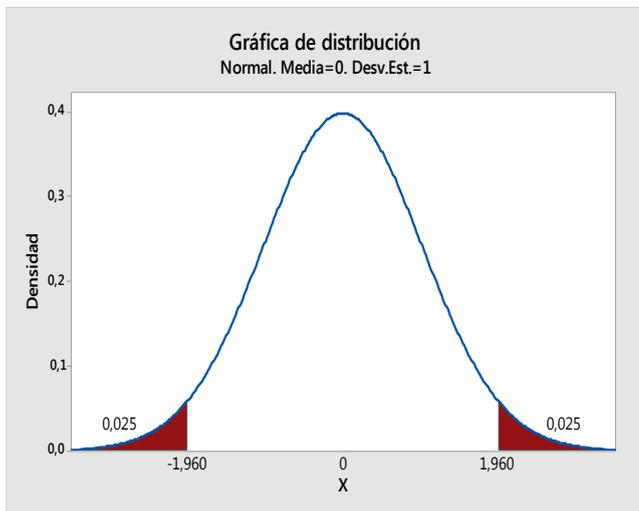


Figura 2. Gráfica de distribución

**Medidas de variable L1**

Tabla 11 Chompa- Valores Variable L1

Nº Subgrupos	CHOMPA MUESTRAS L1 (cm)					Media	Rango
	X1	X2	X3	X4	X5		
1	41,8	41,9	42,1	42	42,2	42,0	0,4
2	42	42,1	41,9	41,9	41,9	42,0	0,2
3	41,9	42,2	42	41,9	41,7	41,9	0,5
4	42	41,8	41,9	42,1	41,9	41,9	0,3
5	42,3	41,8	42,3	41,9	42,2	42,1	0,5
6	41,9	41,7	42,1	42,1	42,1	42,0	0,4
7	42,3	41,7	42,1	42,3	42,5	42,2	0,8
8	41,9	41,8	42	41,8	41,9	41,9	0,2
9	42,1	42,4	42	42	42,2	42,1	0,4
10	42,2	42,2	42	41,9	41,9	42,0	0,3
11	41,8	42,2	42,1	42	42	42,0	0,4
12	42,2	42	42,4	41,9	42,1	42,1	0,5
13	42,2	41,9	42,3	42,1	42,1	42,1	0,4
14	42	42,2	41,9	42,4	42,3	42,2	0,5
15	41,8	41,7	42,1	41,9	42,1	41,9	0,4
16	42	42	42,3	41,8	42	42,0	0,5
17	41,9	42,1	41,8	42,4	42,1	42,1	0,6
18	41,8	42	41,8	42	41,8	41,9	0,2
19	41,9	42,2	41,7	41,9	42	41,9	0,5
					42,0	0,6	

Como se mencionó anteriormente, el tamaño de la muestra es de 95 unidades de un lote de 125 conjuntos deportivos, para cada variable que según información del grupo de trabajo tiende a variar en mayor proporción, se dividió en subgrupos de 19 con un número de muestras de 5 unidades en la Tabla 25, donde se indica los datos de la variable L1 de la chompa.

**Cartas de control de medias ( $\bar{X}$ -R)**

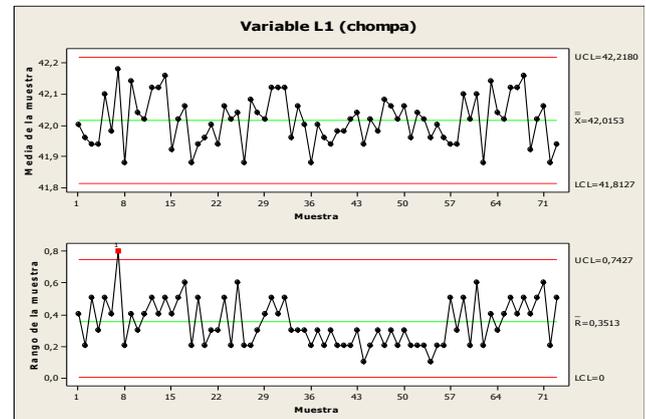


Figura 7. Gráfica L1 (chompa)

Como se observa en la figura 7 existe gran porcentaje de variabilidad entre los valores, encontrando un punto atípico, es decir un punto fuera del rango establecido, debido a este resultado se debe aplicar el plan de acción para mejorar el proceso.

**INDICE Cp**

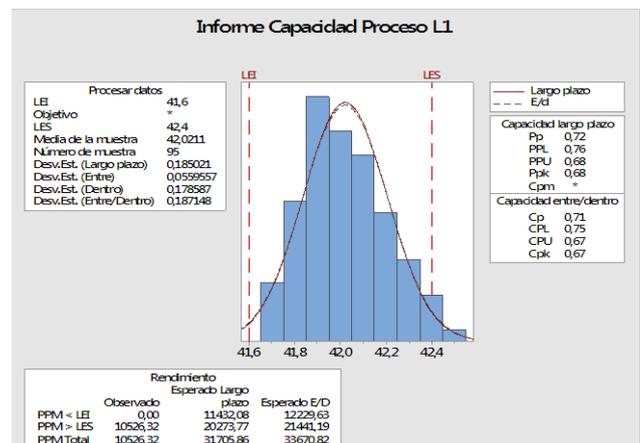


Figura 8. Informe Capacidad proceso L1

Luego de aplicar las fórmulas pertinentes y a través de Minitab, útiles para el cálculo de la capacidad, se pudo determinar que existe alta variabilidad dentro de las mediciones de la prenda, ya que el programa arrojó un cp= 0.71, obteniendo como resultado que no es adecuado para el trabajo, y que se requiere modificaciones dentro del proceso. Para la interpretación de cp se observó la figura 7.

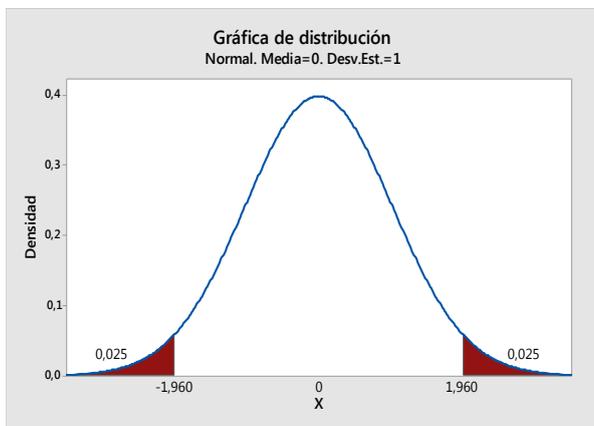
**Mejora del proceso de producción textil después de aplicar el plan de acción establecido**

Para que el plan de acción de resultados positivos en el proceso de producción, se procedió a tomar nuevamente 95 muestras de la variable L1 (chompa) expuesta en la tabla 1 para realizar los gráficos  $\bar{X}$ -R, y al final graficar la capacidad del proceso.

**Tabla 11** Chompa- Valores Variable L1

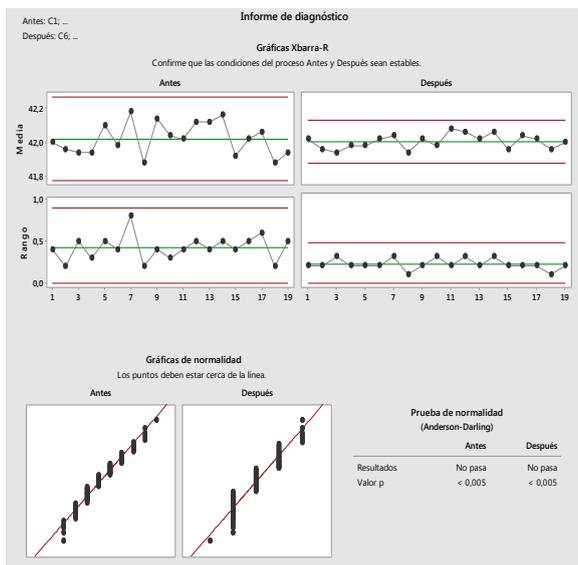
Nº Subgrupos	CHOMPA MUESTRAS L1 (cm)					Media	Rango
	X1	X2	X3	X4	X5		
1	42	41.9	42.1	42	42.1	42.0	0.2
2	42	42.1	41.9	41.9	41.9	41.9	0.2
3	41.9	42.1	42	41.9	41.8	41.9	0.3
4	42	42	41.9	42.1	41.9	41.9	0.2
5	42	42.1	42	41.9	41.9	41.9	0.2
6	41.9	42	42	42.1	42.1	42.0	0.2
7	42.1	42	41.9	42	42.2	42.0	0.3
8	41.9	41.9	42	42	41.9	41.9	0.1
9	42.1	42.1	42	42	41.9	42.0	0.2
10	41.9	42.2	42	41.9	41.9	41.9	0.3
11	42.1	42.2	42.1	42	42	42.0	0.2
12	42.1	42	42.1	41.9	42.2	42.0	0.3
13	42	41.9	42	42.1	42.1	42.0	0.2
14	42	42.1	41.9	42.1	42.2	42.0	0.3
15	41.9	41.9	42	41.9	42.1	41.9	0.2
16	42	42	42.2	42	42	42.0	0.2
17	41.9	42	42	42.1	42.1	42.0	0.2
18	41.9	42	42	42	41.9	41.96	0.1
19	42.1	42.1	41.9	41.9	42	42.00	0.2
						41,96	0,2

La z crítica es 1,645, y la z calculada es de 0, por tanto se acepta la hipótesis nula a un nivel de significancia de 0,05. En la figura 9 se muestra la gráfica de distribución.



**Figura 9.** Gráfica de distribución

**Cartas de control de medias ( $\bar{x}$ ) y rangos después de ejecutar plan de acción**

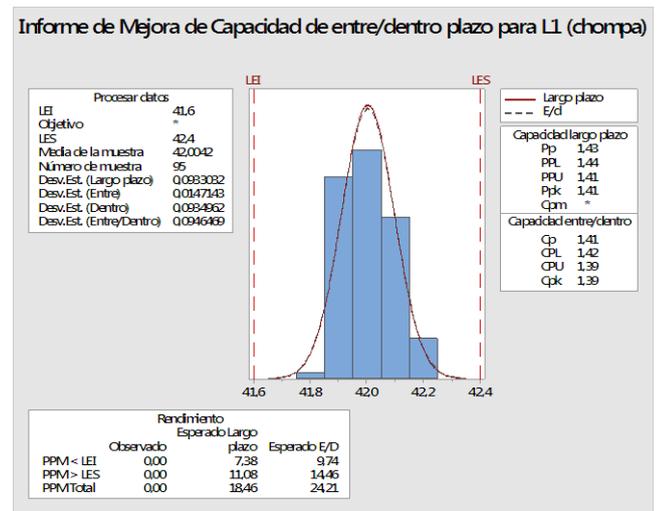


**Figura 10.** Gráfica L1 chompa medidas actuales

La figura 10 muestra que la capacidad del proceso ha mejorado, ya que después de ejecutar el plan de acción la variabilidad de medidas del L1 (largo de la chompa) ha disminuido a comparación de la variabilidad previa al plan de acción, además que no existen puntos atípicos, es decir fuera del rango establecido.

**INDICE Cp**

En la figura 11 se muestra que el resultado del cp es 1,41 lo que indica que el proceso ya es apto para el trabajo, a diferencia del cp previo a la ejecución del plan de acción que era de 0,71, lo que indicaba que el proceso requería modificaciones y por tanto no era apto para el trabajo.



**Figura 11.** Informe mejora capacidad

**Cálculo de la productividad después de ejecutar plan de acción**

Después de realizar las actividades factibles que están dentro del plan de acción se realizó el cálculo de la productividad final, para comprobar cuantitativamente la mejora del rendimiento de la empresa.

**Tabla 12** Productividad después de ejecutar Plan de Acción

DATOS EMPRESA FERTEX	
Productos obtenidos	25 prendas
Costo mano de obra	\$14,6
Costos indirectos de fabricación	\$4,5
Costo materia prima	\$301,41

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{25 \text{ prendas}}{(14,6 + 4,5 + 301,41)\$}$$

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{25 \text{ prendas}}{(320,51)\$}$$

$$PRODUCTIVIDAD = 0,078 \frac{\text{prendas}}{\$}$$

### Cálculo del incremento de la productividad

$$Productividad = \left( \frac{Productividad\ final}{Productividad\ inicial} - 1 \right) * 100$$
$$Productividad = \left( \frac{0,078 \frac{prendas}{\$}}{0,075 \frac{prendas}{\$}} - 1 \right) * 100 = 3\%$$

Con los resultados obtenidos se puede constatar que la productividad ha mejorado en un 3% lo cual es muy considerable a nivel general de la empresa, ya que genera mayor ganancia y también mejora los procesos de producción, y por ende el producto final que se oferta.

### Conclusiones

A través de la aplicación de las diferentes herramientas de calidad se definió los procesos y subprocesos de la empresa Fertex, y a su vez identificar el proceso crítico de la línea de producción de calentadores para niña (chompa-pantalón) que fue el proceso de Corte, el cuál requería de un control estadístico para conocer las causas de los problemas que se generan, y de esta manera eliminar o evitar los errores que se ocasionan en el área, mejorando la eficiencia del proceso crítico establecido.

Una vez que se realizó el diagnóstico situacional de la empresa, se calculó la productividad multifactorial inicial arrojando como resultado un 75%, el resultado obtenido no es crítico, pero según el Gerente manifestó, el porcentaje había disminuido en comparación de 2 años atrás, por lo que fue necesario el desarrollo de la investigación aplicando el control estadístico de la calidad para dar posibles soluciones a las fallas que se suscitan dentro de la empresa.

La aplicación de Control estadístico de la calidad mediante la metodología MICEPS fue propicia en el desarrollo del presente trabajo de investigación, ya que mediante la realización de las 6 etapas que la conforman, se relacionó los requerimientos del cliente con los procesos textiles involucrados, y de esta forma se analizó la información y datos para elaborar un plan de acción, con la finalidad de cumplir con las necesidades y expectativas que exigen, contribuyendo a la excelencia de la empresa Fertex.

La medición de las variables críticas definidas, mediante los índices de capacidad de procesos cp, cr, cpk, cpi, cps y k, permitieron evaluar las variables, y mediante los resultados que arrojaron, se evidenció que las puntuaciones de los índices no eran adecuadas y era necesario hacer modificaciones serias para mejorar el rendimiento del proceso.

Luego de proponer el plan de acción a la empresa, se realizó la implementación de las actividades de menor costo y tiempo, con la intención de comprobar si existen o no mejoras, se utilizó las cartas de control X-R y el índice de capacidad para monitorear la estabilidad y variabilidad del proceso, obteniendo como resultado que

después de aplicar el plan de acción, el proceso mejoró, con un cp=1,42, y la variabilidad disminuyó, por lo que la productividad mejoró en un 3% lo cual es de beneficio para la empresa tanto en calidad como en costos.

### Referencias Bibliográficas

- [1] AITE, A. d. (2013). *AITE, Asociación de industriales textiles del Ecuador*. Obtenido de <http://www.aite.com.ec/>
- [2] Barrios, M. A., & Jiménez, H. A. (Diciembre de 2014). Metodología miceps para control estadístico de procesos:.. págs. 75-76.
- [3] Dionisio, R. J. (Diciembre de 2014). *Control Estadístico De La Calidad Aplicado Al Programa De Extensión Social De Essalud, Caso: Préstamos Bancarios A Sus Trabajadores*. Lima.
- [4] García, M. M., Delgado, J. A., Fernández, C. R., Dolarea, S. G., Sancho, M. M., & Lechugo, E. B. (Septiembre de 2007). *Gestión de procesos en la UCA. Gestión de procesos en la UCA. procesos en la UCA*.
- [5] Gutierrez, P. H. (2013). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*.
- [6] Jiménez Heriberto Felizzola, C. L. (2014). *Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas*. Chile.
- [7] Jugulum, R., & Samuel, P. (2008). *Lean Six Sigma*. USA: John Wiley y Sons, Inc.
- [8] Juran, J. M. (1988). *Manual de Control de Calidad*. McGraw Hill.
- [9] Senplades, S. N. (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Toda una vida. Quito, Ecuador.
- [10] Prieto, D. J. (2013). *Calidad historia evolución estado actual y futuro*.
- [11] PROECUADOR. (2016). *Textiles y Confecciones*. Obtenido de Textiles y Confecciones : <http://www.proecuador.gob.ec/compradores/oferta-exportable/textiles-y-confecciones/>
- [12] Quintana, G. Y. (Diciembre de 2014). *Control estadístico de la calidad aplicado al programa de extensión social de ESSALUD caso: prestamos bancarios a sus trabajadores*.
- [13] Reyes, P. (Octubre de 2004). *Herramientas estadísticas para la solución de problemas*.
- [14] UNE, 9. I. (2005). *UNE, ISO 9000*. Obtenido de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/satisfaccion-del-cliente>
- [15] Villamizar, K. M. (11 de Diciembre de 2013). *Control estadístico de la calidad*. Obtenido de <https://prezi.com/haxtwumi7txh/control-estadistico-de-la-calidad/>
- [16] Tamayo, T. M. (1997). *El Proceso de la Investigación científica*. Mexico: Limusa S.A

---

## Agradecimientos

A Dios y a la Virgen María, porque me han dado la fuerza y la bendición para culminar esta meta importante en mi vida.

A mi familia que ha sido mi motor de vida, y gracias a su dedicación y esfuerzo he llegado a formarme como profesional.

A una persona especial que ha estado conmigo, motivándome a seguir adelante.

## Sobre el Autor

**Andrea Moreno** nació en Atuntaqui, Antonio Ante, el 25 de Julio de 1994. Realizó sus estudios primarios en la Unidad Educativa Luis Plutarco Cevallos, posteriormente sus estudios secundarios en la Unidad Educativa República del Ecuador.

Estudiante de la Universidad Técnica del Norte en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Industrial 2018.

Cuenta con varios certificados de capacitación: Sistema Braille, II Seminario Internacional de Economía Popular Y Solidaria, VII Seminario de Periodismo Científico, Intercambio de Experiencias Académicas y Profesionales entre la Fundación Universitaria de Popayan-Fup y la Universidad Técnica del Norte-UTN, Uso y Cuidado de Protección Personal y Manejo de Productos Químicos, Simposio de Ingeniería Industrial, Logística y Comercio Exterior-Casos de Éxito en Logística y Comercio Exterior, II Jornadas Internacionales de Investigación Científica UTN y I Foro de Investigación, I Congreso Internacional de Ingenierías 2017

