

Ciencias e Ingeniería

PARA CIUDADANOS

Revista de investigación científica



Lima - Perú

Ciencias e Ingeniería



Volumen I-Nº3 Diciembre 2025

Consejo Editorial

Director

Dr. Francisco Javier Wong Cabanillas

Editor, diseño y traducción

Bach. Carlos Alberto Vega Vidal

Diagramador de texto y asistencia de diseño

Bach. Carlos Alberto Vega Vidal

Comité Científico

Dra. Elena Rafaela Benavides Rivera
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Lima-Perú

Dra. Ysabel Zevallos Parave
Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.
Lima-Perú

Dr. Óscar Rafael Tinoco Gómez
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Lima-Perú

Implementación de control de calidad basado en Lean Six Sigma para la confección de faldas short en una empresa textil en Gamarra

Sr. Alexis Francisco Gomez Casana
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Correo electrónico: alexis.gomezc@unmsm.edu.pe

Srta. Germariori Kassandra Mejía Quispe
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Correo electrónico: germariori.mejia@unmsm.edu.pe

Resumen: Este estudio evaluó la efectividad de Lean Six Sigma (LSS) para la optimización de la calidad en una MYPE textil de Gamarra que presentaba defectos de cortes incorrectos y manchas en tela. Se aplicó un diseño preexperimental con mediciones antes-después (N=50 prendas). La implementación del ciclo DMAIC y Poka-Yoke (plantillas estandarizadas) resultó en una reducción del 90% en cortes erróneos (de 10 a 1). La disminución total de defectos fue estadísticamente significativa, validada por una prueba t de Student ($t(9) = 9.19$, $p < 0.001$). Adicionalmente, se obtuvo un ROI anual del 77.69%. Se concluye que LSS es una solución eficaz y financieramente viable para optimizar la calidad en MYPEs textiles con recursos limitados

Palabras clave: Calidad textil/ Kaizen/ Lean Six sigma/ Poka Yoke.

Abstract: This study evaluated the effectiveness of Lean Six Sigma (LSS) to optimize quality in a textile micro-enterprise in Gamarra facing recurrent defects, mainly incorrect cuts and fabric stains. A pre-experimental design with pre-test/post-test measurements (N=50 garments) was applied. The implementation of the DMAIC cycle and Poka-Yoke (standardized templates) achieved a 90% reduction in incorrect cuts (from 10 to 1). The overall defect reduction was statistically significant, as validated by a paired-samples t-test ($t(9) = 9.19$, $p < 0.001$). Furthermore, an annual ROI of 77.69% was achieved. We conclude that the LSS methodology is an effective and financially viable solution for optimizing quality in textile micro-enterprises within resource-limited contexts.

Keywords: Textile quality/ Kaizen/ Lean Six sigma/ Poka Yoke.

Résumé : Cette étude a évalué l'efficacité de Lean Six Sigma (LSS) pour optimiser la qualité dans une micro-entreprise textile (MPE) de Gamarra, confrontée à des défauts récurrents de coupes incorrectes et de taches sur le tissu. Un design préexpérimental avec pré-test/post-test (N=50) a été appliqué. L'implémentation du cycle DMAIC et d'outils Poka-Yoke (gabarits standardisés) a permis une réduction de 90 % des cas de coupes erronées (de 10 à 1). La réduction globale des défauts s'est révélée statistiquement significative, validée par un test t de Student ($t(9) = 9.19$, $p < 0.001$). De plus, un retour sur investissement (ROI) annuel de 77.69 % a été atteint. Nous concluons que la

méthodologie LSS est une solution efficace et financièrement viable pour optimiser la qualité dans les MPE textiles à ressources limitées.

Mots-clés : Qualité textile/ Kaizen/ Lean Six Sigma/ Poka-Yoke.

1.Introducción

Gamarra, en Lima, forma parte de los principales emporios textiles a nivel Latinoamericano. Un espacio surgido en los 70's donde se desarrollaban talleres familiares chicos, que al paso de las décadas, ha sufrido una destacada progresión, siendo actualmente lugar de afluencia de negocios destinados a la fabricación, distribución y diseño de mercancía textil (Robles, Balvin & Villanueva, 2025). Conforme con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018), durante el periodo 2017 el emporio comercial de Gamarra estaba conformado por más de 33 000 empresas; donde el 94,5 % eran microempresas y el 5,1 %, pequeñas empresas. Además, las manufacturas, donde se confeccionaban prendas de vestir, representaban el 18,9 % de las empresas (INEI, 2018). La mayoría de estas MYPE carecen de áreas especializadas y desarrollan procesos de costura con recursos limitados. En este entorno se ubica la empresa objeto de estudio, una microempresa dedicada a la confección por lote que, al no contar con un área de control de calidad, ha reportado defectos como telas manchadas, telas demasiado arrugadas y con puntadas sueltas. Para micro y pequeñas empresas con márgenes ajustados, implantar un sistema de control de calidad es importante para aminorar costos, perfeccionar procesos e incrementar la productividad.

Se han documentado iniciativas para mejorar la calidad, durante los últimos años, en la industria textil, mediante, metodologías como Six Sigma y Lean. Lean va centrado en eliminar actividades que no suman valor y Six Sigma en reducir la variabilidad e imperfecciones (Guerrero, Silva & Bocanegra, 2019). Su combinación utiliza el ciclo llamado DMAIC para guiar los proyectos con vistas a la mejora. Investigaciones realizadas en empresas de confecciones demuestran la posibilidad de aplicar Lean Six Sigma (LSS) exitosamente en una MYPE. El estudio en una compañía de prendas de vestir del Perú reportó un aumento de productividad de 82,67 % a 88,78 % y una reducción del desperdicio de 40,25 % tras implementar LSS (Ortiz, 2024). A escala internacional, diversos casos en Túnez, Egipto, India, Jordania y otros países muestran la efectividad de Six Sigma y Lean para minimizar defectos en el corte, equilibrar líneas de confección, reducir rupturas de hilo y mejorar la productividad (International Society of Six Sigma Professionals, s.f.).

Sin embargo, en el contexto del emporio Gamarra aún son escasas las investigaciones académicas que documentan la aplicación de LSS en MYPE textiles. La carencia del área de control de calidad en muchas de estas empresas motiva a explorar propuestas adaptadas a sus capacidades y mostrar evidencia de que una gestión de calidad estructurada genera beneficios.

El problema principal es la falta de un sistema de control de calidad que permita detectar y reducir defectos durante la confección de faldas, lo cual se traduce en desperdicio de materiales, devoluciones y retrabajo. El objetivo general del artículo es el diseño e implementación de un sistema de control de calidad en base a Lean Six Sigma, en el procedimiento de confección de faldas de una microempresa en Gamarra. Los objetivos específicos comprenden identificar los principales defectos y sus causas, medir su frecuencia, aplicar el ciclo DMAIC, proponer soluciones como la estandarización de los procesos y la instrucción al personal; y establecer indicadores, asegurando que las mejoras sean sostenibles.

La justificación del estudio se apoya en primer lugar, la calidad; es un factor crítico para sostener la competitividad en el mercado textil. En segundo lugar, Lean Six Sigma mezcla eliminación de residuos de Lean, con la disminución de variabilidad de Six Sigma (Guerrero, Silva & Bocanegra, 2019), demostrando ser eficaz en pequeñas y medianas empresas. En tercer lugar, aplicar LSS en una microempresa ofrece una oportunidad para validar su efectividad en contextos con recursos limitados y podría servir de guía a otras MYPE del emporio. Finalmente, la implementación de un control de calidad contribuye a reducir los desperdicios de materias primas, mejorar la productividad y favorecer la reputación de la empresa en el mercado.

Esta investigación presenta limitaciones que deben ser reconocidas. En primer lugar, se circunscribe a una sola microempresa de Gamarra dedicada a la confección por lotes; por lo tanto, los resultados podrían no ser generalizables a otras empresas del sector. Segundo, la implementación de LSS requiere recursos y formación especializada; la falta de infraestructura, de capacitación y de consultores en LSS son barreras comunes para las pymes. Tercero, el estudio no abordará tecnologías de industria 4.0, a su vez, no contempla la digitalización de procesos. Asimismo, la gestión de cambios culturales y la resistencia del personal podrían afectar la efectividad de las mejoras. Finalmente, el análisis se basará en datos disponibles al momento de la investigación; cambios en el mercado o en las condiciones económicas podrían influir en la sostenibilidad de los resultados.

2. Material y métodos

El tipo de investigación es aplicada y enfocada en la solución de la alta incidencia de defectos en la confección de faldas short donde se adoptó un diseño preexperimental de un solo grupo con mediciones antes y después. Durante la investigación fue aplicado el ciclo DMAIC de Lean Six Sigma, formado de cinco fases. En la primera: definir, se identificó el problema presente en la confección, considerando al cliente y el estándar de calidad implantado. Paralelamente, se realizó un diagnóstico integral del taller para reconocer y caracterizar cada área involucrada, desde la admisión de materiales hasta el embalado.

La segunda fase: medición, se centró en la caracterización cuantitativa de las no conformidades. Se analizó una muestra no probabilística por conveniencia, fijada en 50 faldas short, cifra que representa la producción total de un día laboral estándar en la

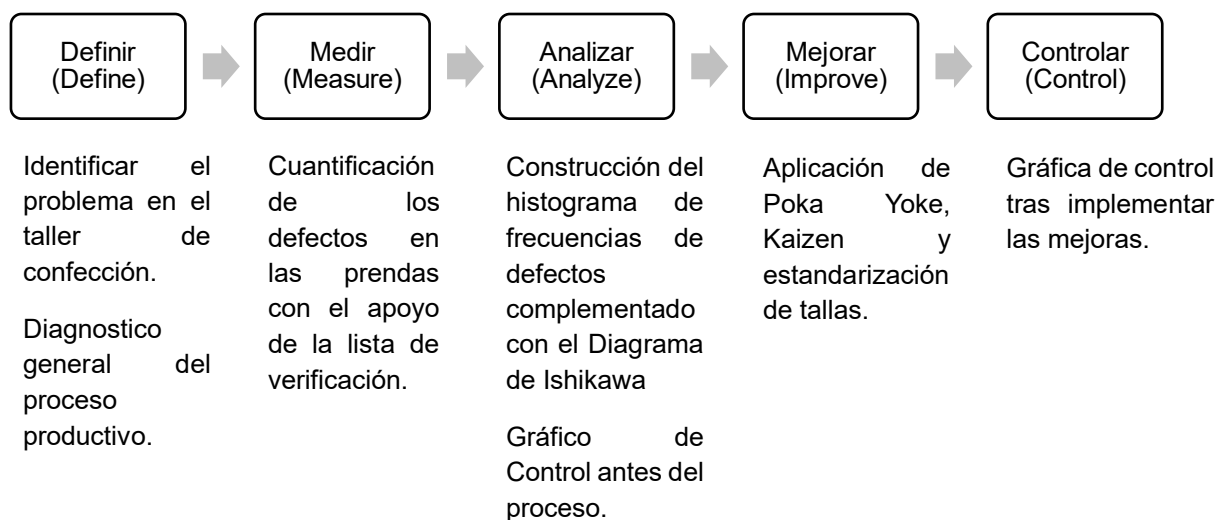
microempresa. Si bien este tamaño no se deriva de un cálculo muestral estadístico, se considera adecuado para los fines de un diseño preexperimental exploratorio, permitiendo capturar la variabilidad inherente del proceso e identificar los defectos más recurrentes para la intervención. La instrumentación para la recolección de datos consistió en una lista de verificación hecha en el software Excel, un instrumento recomendado para registrar y recolectar defectos en la inspección de telas (Torres & Valdivia, 2020). Esta lista se segmentó en tres etapas críticas (recepción de materiales, confección e inspección final), diseñada para registrar sistemáticamente y cuantificar la frecuencia de los defectos, priorizando así aquellos de mayor impacto.

A partir de los datos cuantitativos obtenidos mediante la lista de verificación, se procedió con la tercera fase: analizar, donde se construyó un histograma de frecuencias con el fin de encontrar la distribución de los fallos en el paso a paso de confección. Una vez identificado el defecto con mayor incidencia, se utilizó el diagrama de Ishikawa, obteniendo la visión general del problema, identificando las variables que participan en su origen y las consecuencias ocasionadas en el proceso y en el resultado.

La penúltima fase: mejorar, se apoya en herramientas para mejora de procesos. Primero, se utilizó el poka-yoke, que, según Arteaga, Villamil y Jesús (2019), aseguran calidad en los procesos y reducen errores. Asimismo, se implementó Kaizen, una filosofía orientada a reducir fallas en el proceso de confección y optimizar el uso de los insumos. De igual forma, se recurrió a la estandarización de actividades entre los trabajadores del taller para disminuir errores derivados de la variabilidad operativa.

La fase final: controlar, garantiza sostenibilidad de las mejoras implementadas. En esta etapa, se utilizaron, como herramientas estadísticas, a los gráficos de control, monitoreando así, la ocurrencia de defectos y evaluando el impacto efectivo de las acciones correctivas en el proceso de confección, asegurando la estabilidad del proceso a largo plazo. De forma complementaria, se aplicó una prueba t de Student para data con nivel de significancia igual a 5 %, a fin de comprobar estadísticamente la reducción de defectos tras la implementación. Asimismo, se calculó el retorno sobre la inversión (ROI) con el objetivo de estimar el beneficio económico tras las mejoras, considerando los costos de aplicación y los ahorros generados por la disminución de desperdicios y retrabajo.

La estructura secuencial de la metodología DMAIC implementada en este estudio se representa gráficamente en la figura n° 1. Dicho esquema resume las herramientas y acciones correspondientes a cada una de las cinco fases del ciclo.

Figura N° 1: Esquema gráfico de las fases del DMAIC en base a LSS

Fuente: Elaboración propia

3. Resultados

Durante la fase definir, se identificó que las áreas de trabajo no cuentan con una delimitación clara. El área de confección se encuentra alejada del área de corte, lo que genera desplazamientos innecesarios y tiempos muertos entre actividades. Además, se observó que algunas piezas de tela llegan empaquetadas con manchas que, en muchos casos, no se eliminan durante el lavado, lo que ocasiona la pérdida del material y del dinero invertido.

En cuanto a los insumos, estos se encuentran relativamente ordenados, ya que telas, hilos y herramientas están cerca del área de confección. En algunas mesas se trabaja bajo un modelo de confección en serie, sin embargo, debido al espacio reducido, las prendas terminan en el suelo y se manchan durante el proceso. También se evidenció la ausencia de estandarización en el taller, trabajando con medidas desiguales.

En la fase de medición, se registró un total de 43 defectos en las prendas evaluadas. Los más frecuentes se presentaron desde la recepción de materiales. Las manchas en las telas representaron el mayor número de incidencias, con 11 casos, seguidas por los cortes con medidas incorrectas, que alcanzaron 10 registros. Cabe destacar que, en muchos de estos casos, las telas manchadas no pueden recuperarse durante el lavado y deben desecharse, lo que genera una pérdida directa de material.

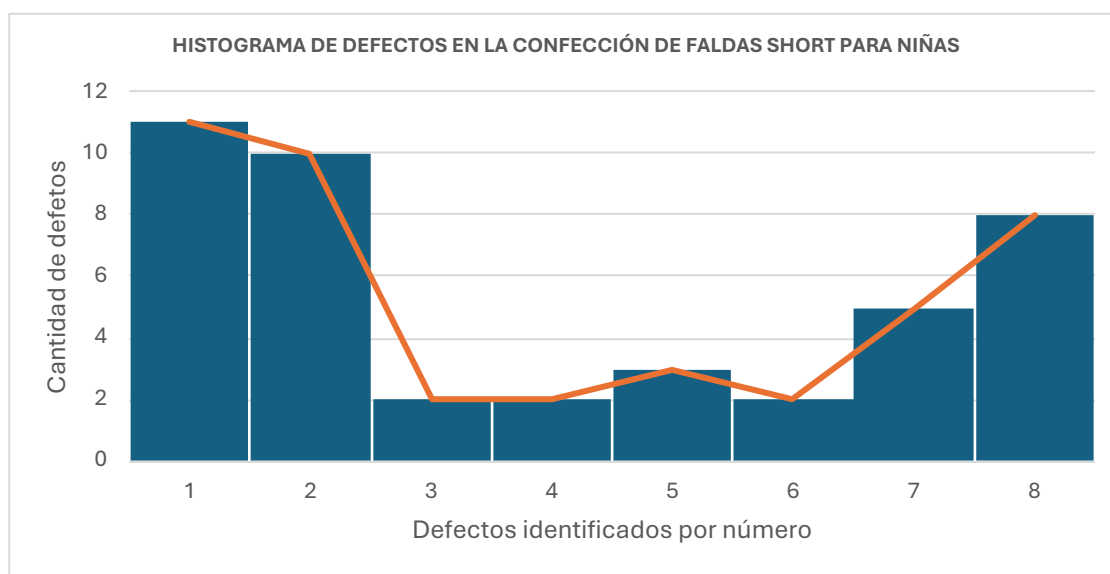
Estos resultados evidencian que una parte importante de los defectos se originan antes del inicio de la confección, lo que impacta directamente tanto en la calidad final del producto como en el aprovechamiento de los recursos. En el histograma presentado a continuación en la tabla n° 1 y figura n° 2, los defectos se encuentran codificados numéricamente y se visualizan con claridad las incidencias más recurrentes identificadas en esta etapa.

Tabla N° 1: Lista de verificación para la confección de faldas short para niñas

<i>Proceso: Confección de faldas short para niñas</i>			
<i>Total de productos inspeccionados: 50</i>			
<i>Etapas</i>	<i>Tipo de defectos</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Total</i>
<i>Recepción de materiales</i>	<i>Manchas en las telas</i>		11
	<i>Corte con medidas erróneas</i>		10
<i>Proceso de confección</i>	<i>Tela frenada en la planchuela</i>		2
	<i>Salto de puntada</i>		2
	<i>Piezas mal cosidas</i>		3
	<i>Mal corte del elástico</i>		2
<i>Inspección final del producto</i>	<i>Hilos sueltos</i>		5
	<i>Manchas en la prenda final</i>		8
<i>Total</i>			43

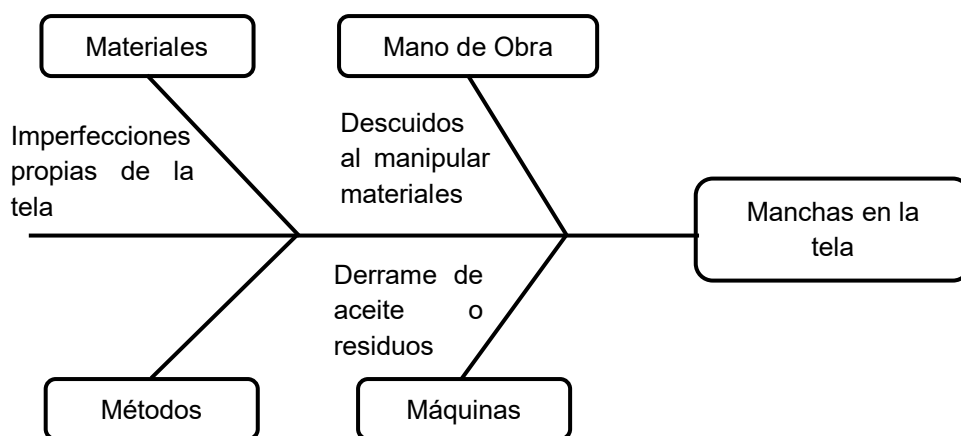
Nota: En la lista de verificación se muestra cuantos defectos se contaron al inspeccionar 50 prendas

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 2: Histograma de errores durante el proceso de confección de faldas short para niñas

Fuente: Elaboración propia

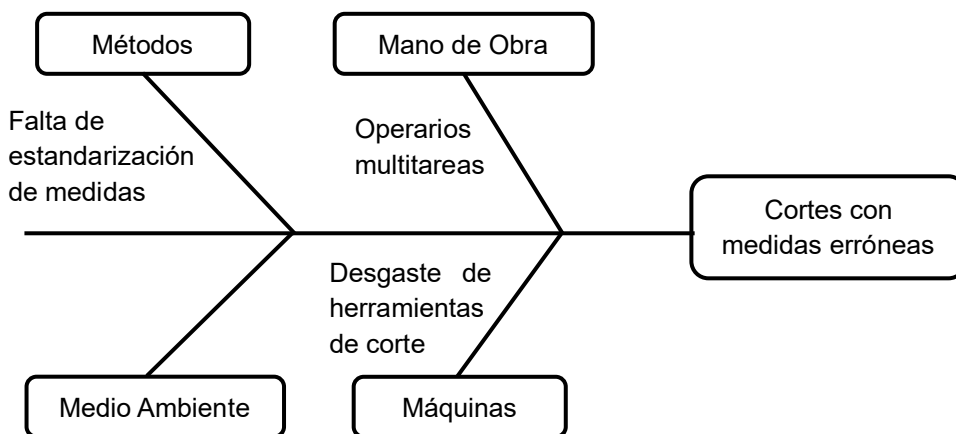
Una vez identificados los defectos más frecuentes, se analizaron sus causas y efectos mediante el uso de diagramas de Ishikawa. En el caso de las manchas en las telas, presentado en la figura n° 3, se identificaron tres causas principales: piezas que llegan con imperfecciones desde el proveedor, máquinas que expulsan residuos como aceite durante la operación y descuidos del personal al manipular los materiales.

Figura N° 3: Diagrama de Ishikawa de las manchas en las telas.

Nota: Se muestran las causas más comunes y los efectos que tienen en la tela.

Fuente: Elaboración propia

En el caso del segundo defecto de mayor incidencia, presentado en la figura n° 4, los cortes con medidas erróneas, las causas identificadas fueron la falta de estandarización en la toma de medidas, errores humanos derivados de la asignación de múltiples tareas al personal y el desgaste de las herramientas de corte, lo que compromete la precisión del trabajo.

Figura N° 4: Diagrama de Ishikawa de los cortes con medidas erróneas en las telas.

Nota: Se muestran las causas más comunes y los efectos que tienen en los cortes de tela.

Fuente: Elaboración propia.

Fue empleado un gráfico de control X-R para el monitoreo estadístico del proceso, organizando la recolección de datos en 10 subgrupos racionales, cada uno con una muestra de 5 prendas. En cada subgrupo se calcularon dos estadísticos fundamentales para el análisis.

El primero fue el promedio de defectos (\bar{X}), que representa la media aritmética de los errores encontrados en cada prenda de la muestra. El segundo fue el rango (R), determinado al restar el máximo y mínimo de defectos observados. Finalmente, se sumaron

tanto promedios, como rangos de los subgrupos para obtener los totales que fueron usados como base del cálculo de las líneas de control en el gráfico que se presentará más adelante.

Tabla N° 2: Gráfica de control \bar{X} -R antes de la implementación de mejoras.

<i>Subgrupo</i>	<i>Cant X1</i>	<i>Cant X2</i>	<i>Cant X3</i>	<i>Cant X4</i>	<i>Cant X5</i>	<i>TOTAL</i>	<i>Promedio</i>	<i>Rango</i>
<i>1</i>	2	1	0	1	1	5	<i>1</i>	<i>2</i>
<i>2</i>	1	2	1	0	2	6	<i>1.2</i>	<i>2</i>
<i>3</i>	0	1	2	1	0	4	<i>0.8</i>	<i>2</i>
<i>4</i>	2	1	1	0	1	5	<i>1</i>	<i>2</i>
<i>5</i>	1	0	0	1	1	3	<i>0.6</i>	<i>1</i>
<i>6</i>	1	2	1	0	1	5	<i>1</i>	<i>2</i>
<i>7</i>	0	0	1	0	1	2	<i>0.4</i>	<i>1</i>
<i>8</i>	1	1	1	2	0	5	<i>1</i>	<i>2</i>
<i>9</i>	1	0	1	0	1	3	<i>0.6</i>	<i>1</i>
<i>10</i>	1	1	2	1	0	5	<i>1</i>	<i>2</i>
<i>Total</i>							<i>8.6</i>	<i>17</i>

Nota: Se muestra la cantidad de defectos en cada subgrupo junto a los promedios y rango.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se calculó las líneas centrales y los límites de control en base a la gráfica X-R. Se calculó un gran promedio que corresponde al promedio de todos los promedios.

$$X_{promedio} = \frac{X}{Cantidad\ de\ subgrupos}$$

De igual forma, se calculó el rango promedio que corresponde al promedio de todos los rangos (R).

$$R_{promedio} = \frac{R}{Cantidad\ de\ subgrupos}$$

Después se buscan las constantes que son dependientes del tamaño del subgrupo (n). Para n=5, los valores son: $D_4 = 2.114$, $D_3 = 0$ y $A_2 = 0.577$ y Con estos datos, se procede a armar los límites para armar el gráfico de control de medias.

Para el gráfico X:

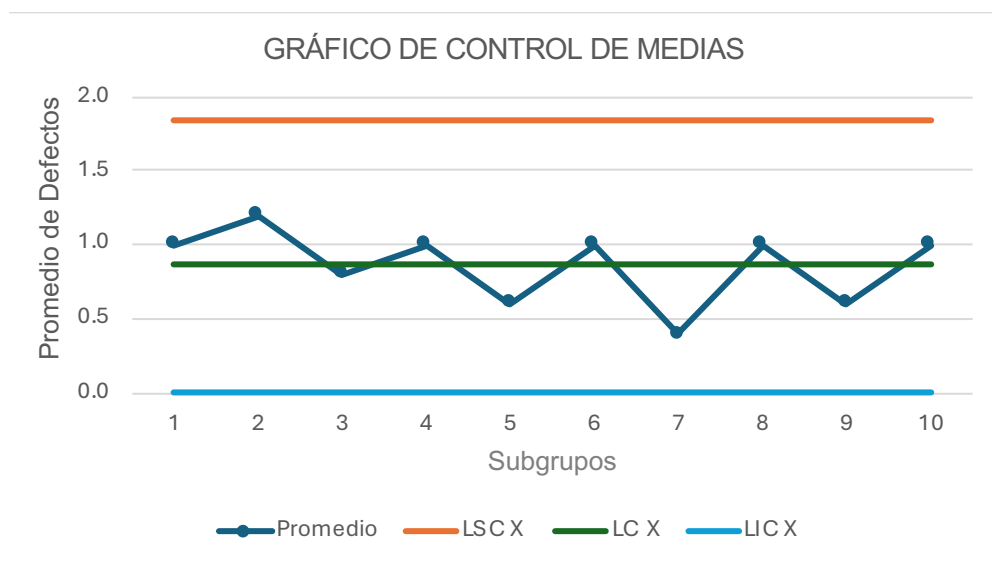
Límite Superior (LSC): $X_{\text{promedio}} + (A_2 \times R_{\text{promedio}}) = 0.86 + (0.577 \times 1.7) = 1.84$

Límite Central (LC): $X_{\text{promedio}} = 0.86$

Límite Inferior (LIC): $X_{\text{promedio}} - (A_2 \times R_{\text{promedio}}) = 0.86 - (0.577 \times 1.7) = -0.12$
(Ajustado a 0)

Gracias a esto se obtiene el gráfico de control de medias de los defectos en la figura n° 5.

Figura N° 5: Gráfico de control de media de los defectos



Nota: El gráfico muestra la variabilidad de los promedios de los defectos entre los límites calculados.

Fuente: Elaboración propia

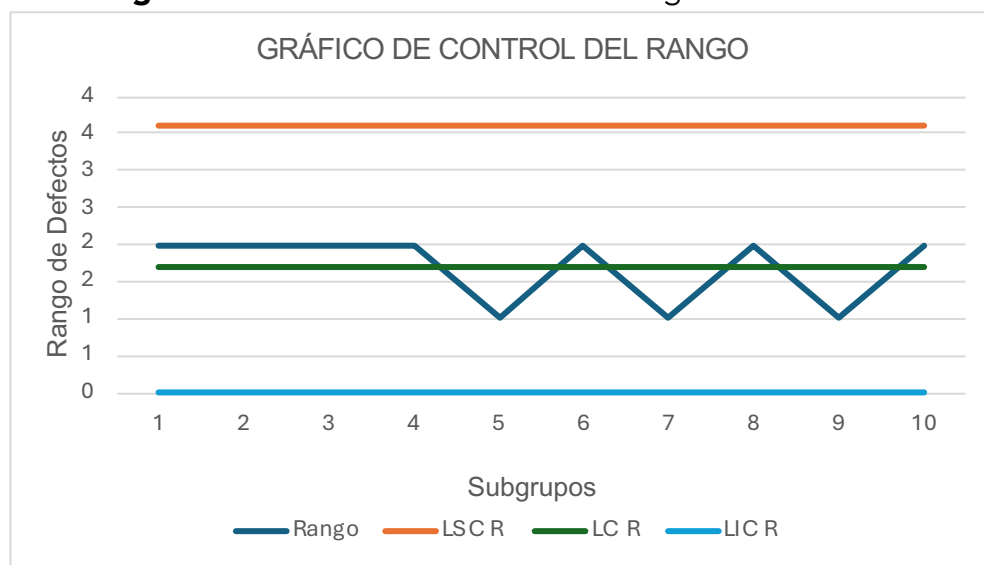
Se repitió los pasos para el gráfico R:

Límite superior (LSC):

Límite central (LC):

Límite inferior (LIC):

Cuyo resultado se muestra en la figura n° 6.

Figura N° 6: Gráfico de control del rango de los defectos

Nota: El gráfico muestra la variabilidad del rango de los defectos entre los límites calculados.

Fuente: Elaboración propia

Estos gráficos permiten monitorear el comportamiento del proceso de confección antes de las mejoras a través de dos indicadores clave de los defectos encontrados, el promedio y el rango cuantifica la variabilidad de los fallos.

En respuesta a los defectos identificados en el taller de confección, se implementaron herramientas para la mejora continua, teniendo como objetivo reducir la incidencia de defectos. Primero, se aplicó la técnica poka-yoke, orientada a prevenir errores en el corte de las prendas. En concreto, se diseñaron plantillas reforzadas con medidas estandarizadas: estas medidas se determinaron mediante un análisis de las tallas más solicitadas por los clientes y los parámetros de diseño existentes en el taller; luego las plantillas se fabricaron en cartón prensado de alta resistencia para asegurar su durabilidad ante el uso repetitivo.

Para validar su precisión, se compararon las dimensiones de las plantillas con una muestra de prenda correctamente confeccionada (sin defectos) que siguen la norma del Instituto Nacional de Calidad (INACAL, 2020) la cual dispone un sistema de tallas basado en dimensiones corporales específicas para garantizar un ajuste estandarizado. Una vez aprobadas, las plantillas fueron incorporadas en la operación de corte junto con guías visuales de apoyo, garantizando que cada operario aplicara el mismo estándar dimensional. Simultáneamente, se instalaron topes de seguridad en las máquinas de corte, que bloqueaban la operación en caso de desalineamiento de la tela. Gracias a estas intervenciones, los casos de cortes con medidas incorrectas pasaron de 10 a solo 1, atribuyéndose este único incidente a un episodio aislado de distracción del operario.

En el caso de las manchas en las prendas, la incidencia también se redujo a un solo caso residual, vinculado a una tela previamente manchada en su origen, que no pudo

ser limpiada. Para evitar desperdicios, ese material se reutilizó en la confección de accesorios (colets), transformando el residuo en un producto comercializable.

Se construyó un segundo gráfico de control \bar{X} -R correspondiente al estado posterior del proceso, con el fin de apreciar la efectividad de las mejoras implementadas. Este análisis comparativo se realizó utilizando la misma metodología de muestreo que en la evaluación inicial.

Tabla N° 3: Gráfica de control \bar{X} -R después de la implementación de mejoras

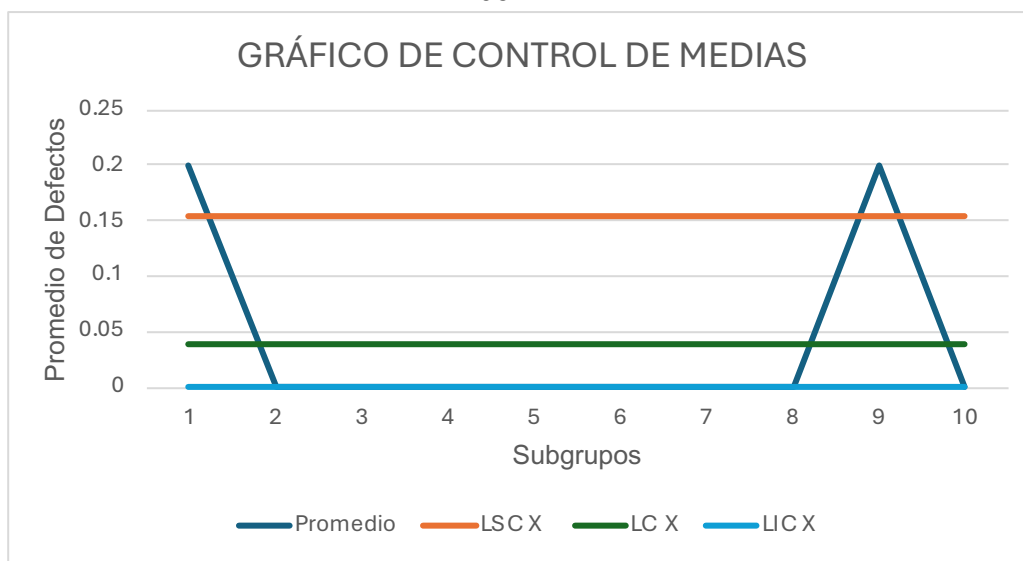
Subgrupo	Cant X1	Cant X2	Cant X3	Cant X4	Cant X5	Total	Promedio	Rango
1	0	0	0	0	1	1	0.2	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	1	0	0	1	0.2	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0
Total							0.4	2

Nota: Se muestran la cantidad de defectos después de la implementación de las mejoras.

Fuente: Elaboración propia.

Se repetirá el análisis que se hizo antes para el gráfico \bar{X} -R, pero ahora con los datos obtenidos luego de las mejoras implementadas.

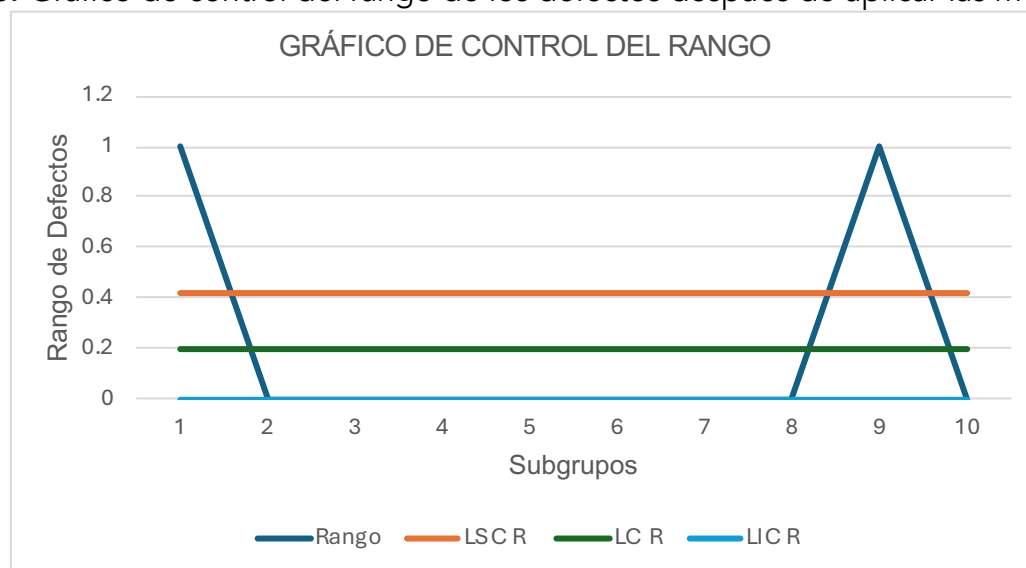
Figura N° 7: Gráfico de control de medias de los defectos después de aplicar las mejoras



Nota: Se muestran la variabilidad del promedio de los defectos donde se muestran valores atípicos por casos excepcionales.

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 8: Gráfico de control del rango de los defectos después de aplicar las mejoras



Nota: Se muestran la variabilidad del rango de los defectos donde se muestran valores atípicos por casos excepcionales.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis del gráfico de control X-R posterior a la mejora demuestra una drástica reducción en el promedio de defectos, evidenciando la efectividad de las acciones implementadas. Sin embargo, el proceso aún no ha alcanzado un estado de control estadístico completo. La presencia de dos puntos, correspondientes a los subgrupos 1 y 9, que exceden el límite superior (LSC) es una indicación clara de variación por causas especiales.

Se hizo una prueba t de Student, para conocer el impacto de las mejoras, la cual permitió contrastar si la reducción observada en los defectos era estadísticamente significativa. Para esto se contó la cantidad de defectos por cada subgrupo antes y después de las mejoras con el fin de encontrar la diferencia, mostrado en la tabla n° 4.

Tabla N° 4: Diferencia de defectos antes y después de la implementación de las mejoras.

<i>Subgrupo</i>	<i>Antes</i>	<i>Después</i>	<i>Diferencia</i>
1	5	1	4
2	6	0	6
3	4	0	4
4	5	0	5
5	3	0	3
6	5	0	5
7	2	0	2
8	5	0	5
9	3	1	2
10	5	0	5

Nota: Se muestra la cantidad de defectos registrados antes y después de la aplicación de las mejoras.

Fuente: Elaboración propia.

Luego fueron calculados los valores estadísticos básicos necesarios para el análisis, tales como la desviación estándar y la media de las diferencias. La media (\bar{d}) fue determinada mediante la siguiente ecuación:

$$\bar{d} = \frac{\sum d_i}{n} = \frac{4 + 6 + 4 + 5 + 3 + 5 + 2 + 5 + 2 + 5}{10} = 4.1$$

Donde:

\bar{d} = media de las diferencias,
 d_i = diferencia de defectos por subgrupos,
 n = Cantidad de subgrupos.

Se obtuvo la desviación estándar de las diferencias (S_d) mediante:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{17.9}{9}} = 1.409$$

Donde:

\bar{d} = media de las diferencias,
 d_i = diferencia de defectos por subgrupos,
 n = número total de subgrupos.

Posteriormente, se calculó el estadístico t utilizando la fórmula que se presenta:

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d / \sqrt{n}} = \frac{4.1}{1.409 / \sqrt{10}} = 9.19$$

A continuación, se determinó el número de grados de libertad (gl), los cuales representan la cantidad de valores que pueden variar libremente en la muestra sin afectar el cálculo de la estadística. En una prueba t pareada, los grados de libertad se obtienen mediante:

$$gl = n - 1$$

Dado que son 10 subgrupos, se tiene $gl = 10 - 1 = 9$.

Con un nivel de significancia (α) de 0.05 y 9 grados de libertad, la prueba t de Student arrojó un estadístico $t = 9.19$. Este resultado es estadísticamente significativo, ya que el valor p asociado ($p < 0.001$) es marcadamente menor al nivel de significancia. De igual modo, el estadístico t calculado (9.19) excede el valor crítico de la distribución t crítico = 1.833. Por lo tanto, es rechazada la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), confirmando la reducción de defectos tras la implementación del sistema de control de calidad, de forma estadística.

Por último, con el objetivo de complementar el análisis estadístico y evaluar la rentabilidad, se realizó un cálculo del retorno sobre la inversión (ROI). Para ello, se valoraron los costos asociados de la aplicación de mejoras, al igual que los beneficios obtenidos tras la reducción de defectos.

Tabla N° 5: Valores estimados de los materiales utilizados

Material	Valor estimado
Para estandarización: (Cartones prensados, etiquetas, cinta y marcador)	S/ 55.50
Implementación de tope de remalle y mantenimiento básico de las máquinas de coser	S/ 45.50
Capacitación del personal (por una hora de jornada)	S/ 55.0

Nota: Estimación de los costos del material y capacitación utilizados en las mejoras.

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo del ROI, se tomaron en cuenta las estimaciones proporcionadas por la propietaria del taller, las cuales incluyen las pérdidas por desperdicio de tela y las prendas no recuperables debido a defectos de costura o accidentes del personal. Asimismo, se consideró una estimación del beneficio anual obtenido por el taller en comparación con la inversión efectuada durante el mismo periodo, con el fin de determinar la rentabilidad real de la mejora implementada.

Tabla N° 6: Estimación de los ahorros mensuales tras la implementación

Material	Valor estimado
Ahorro mensual por reducción de desperdicio de tela	S/ 15.20
Ahorro mensual por eliminación de retrabajos	S/ 7.90

Nota: Estimación de los ahorros mensuales tras las mejoras implementadas utilizadas.

Fuente: Elaboración propia

El ROI se determinó mediante la ecuación

$$ROI = \frac{\text{Beneficio anual} - \text{Inversión inicial}}{\text{Inversión inicial}}$$

$$ROI = \frac{(7.90 + 15.20) \times 12 - (55.5 + 45.5 + 55)}{(55.5 + 45.5 + 55)} \times 100 = 77.69\%$$

Donde:

Beneficio anual: Suma del ahorro mensual multiplicado por 12,

Inversión inicial: Suma del costo de los materiales utilizados.

Por lo tanto, el ROI obtenido fue de 77.69 % anual, lo cual señala que la inversión se recuperará dentro del primer año de la implementación y generará un retorno equivalente al 77 % del monto invertido. Este resultado demuestra que el sistema de control de calidad es financieramente viable, aportando beneficios económicos sostenibles al reducir los costos operativos y optimizar la eficiencia.

4. Discusión

La disminución de los defectos en cortes, con medidas erróneas y las manchas en las telas, se alinea con las conclusiones del trabajo de Martínez et al. (2024) donde se implementó un sistema de calidad basado en LSS, logrando establecer uniformidad en los procesos y minimizar los defectos; obteniendo resultados positivos a nivel económico, de producción y calidad. Del mismo modo se alinea con Robles & Santibañez (2025), en su investigación para la aplicación de LSS y TPM para la reducción del porcentaje de rechazos de prendas en una MYPE textil de Lima, concluyendo que aplicar dichas metodologías reduce el porcentaje de prendas rechazadas de 6% a 4.24% y la disponibilidad de equipos aumentó de 90.84% a 93.60%; demostrando la eficacia del modelo y posicionándolo como una opción para fortalecer la competitividad de la MYPE.

La implementación de un poka-yoke, mediante plantillas de corte estandarizadas, fue efectivo para minimizar los errores de corte por mediciones incorrectas. La fabricación de estas plantillas en un cartón de alta resistencia aseguró su durabilidad ante el uso frecuente, fortaleciendo el objetivo de minimizar los defectos. Este mecanismo simple y de bajo costo previno eficazmente tanto los errores humanos como los derivados de la maquinaria, sin necesitar una gran inversión por parte de la compañía (Cichaiza, 2019). El hallazgo del diseño de plantillas de cartón prensado, validadas con los estándares de tallas del INACAL que eliminaron errores en la toma de medidas, pasando de 10 a 1, se correlacionan con la revisión sistemática de NicoletaMihaela & Pislaru (2024), que identifica al poka-yoke como una de las herramientas LSS más utilizadas en la industria textil para reducir desperdicio y mejorar la calidad. La simplicidad y el bajo costo de nuestro dispositivo; demuestran que el error proofing es accesible para las MYPE y favorece la sostenibilidad económica al reducir retrabajos y uso de materiales.

Finalmente, el ROI calculado indica una recuperación de lo invertido dentro del primer año y beneficios económicos del 77%. Con esto se demuestra la rentabilidad de la implementación del sistema. Esto coincide con la tesis de Ortiz (2024) evidenciando que un sistema de control de calidad basado en LSS puede ser financieramente viable en una microempresa de confecciones. El análisis económico mostró un valor neto positivo de 33,99 %, indicando que el proyecto recupera la inversión y genera utilidades.

Estos resultados de la investigación demuestran la alta viabilidad de implementar un sistema de control de calidad basado en LSS en una microempresa textil, demostrando su impacto tanto en la reducción de costos operativos como en la eficacia y la disminución de errores en el mismo.

5. Conclusiones

Se logró diseñar e implantar un sistema de control de calidad específico para la confección de faldas en una microempresa de Gamarra, integrando la filosofía Lean Six Sigma con herramientas como el ciclo DMAIC, Kaizen, pokayoke y gráficos de control. La aplicación de plantillas de corte estandarizadas y la contribución del personal para la mejora continua generaron la reducción de los defectos inicialmente, demostrando la capacidad de LSS para mejorar procesos en MYPE textiles.

Los principales defectos identificados fueron cortes con medidas erróneas y manchas en las telas. Las causas se determinaron mediante diagramas de Ishikawa y se clasificaron en problemas de materia prima, fallas de equipos y factores humanos. Se midió la frecuencia de los defectos utilizando histogramas y se evaluó el comportamiento del proceso con gráficos \bar{X} R. La aplicación del ciclo DMAIC permitió definir el problema, medir y analizar los datos, implementar mejoras y establecer un control continuo del proceso.

Las soluciones propuestas incluyeron la estandarización de los cortes mediante plantillas reforzadas validadas con normas de talla e instalar topes de seguridad en las respectivas máquinas. Paralelamente, se brindó capacitación al personal en el uso de estas plantillas y en prácticas de manejo de materiales. Estas acciones permitieron aumentar el aprovechamiento de la tela y reducir la reincidencia de defectos.

Se definieron indicadores de seguimiento como el número de defectos por lote, la eficiencia del uso de materia prima y la variabilidad del proceso. Los indicadores permiten monitorear la sostenibilidad de las mejoras en el tiempo y hace más fácil las decisiones, basándose en datos. Su uso continuo, alineado con el ciclo PDCA y con la norma ISO 9001:2015, garantizará que la microempresa mantenga un control sistemático de la calidad y fomente una cultura de mejora permanente.

6. Literatura citada

- ARTEAGA, W. J., VILLAMIL, D. C. & JESÚS, A. (2019). CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LAS PYMES TEXTILERAS DE CUNDINAMARCA. REVISTA LOGOS CIENCIA & TECNOLOGÍA, 11(2). [HTTPS://DOI.ORG/10.22335/RLCT.v11i2.839](https://doi.org/10.22335/RLCT.v11i2.839)
- CHICAIZA, A. (2019). EL EFECTO POKA YOKE EN EL PROCESO PRODUCTIVO. CASO: EMPRESA DE CALZADO INDUSTRIAL [TESIS DE PREGRADO, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO]. REPOSITORIO INSTITUCIONAL UTA. [HTTPS://REPOSITORIO.UTA.EDU.EC/ITEMS/D270EDA2-3825-4C26-8AAE-9D54B-FF80B44](https://repositorio.uta.edu.ec/items/d270eda2-3825-4c26-8aae-9d54b-ff80b44)
- GUERRERO, D. R., SILVA, J. A. & BOCANEGRA, C. C. (2019). REVISIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN SIX SIGMA EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR. REVISTA CHILENA DE INGENIERÍA, 27(4). [HTTP://DX.DOI.ORG/10.4067/S0718-33052019000400652](http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000400652)

- INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD. (2020). DESIGNACIÓN DE TALLAS DE PRENDAS DE VESTIR. PARTE 2: INDICADORES DE DIMENSIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA (NORMA TÉCNICA PERUANA - ISO 8559-2:2020). [HTTPS://SALALECTURAVIRTUAL.INACAL.GOB.PE:8098/](https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/)
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMÁTICA. (2018). CARACTERÍSTICAS DE LAS EMPRESAS DEL EMPORIO COMERCIAL DE GAMARRA, 2017. [HTTPS://WWW.INEI.GOB.PE/MEDIA/MENURECURSIVO/PUBLICACIONES_DIGITALES/EST/LIB1555/LIBRO.PDF](https://www.inei.gob.pe/media/menurecursivo/publicaciones_digitaes/est/lib1555/libro.pdf)
- INTERNATIONAL SOCIETY OF SIX SIGMA PROFESSIONALS (S.F.). LEAN AND SIX SIGMA IN THE TEXTILE INDUSTRY [LEAN Y SIX SIGMA EN LA INDUSTRIA TEXTIL]. [HTTPS://ISSP.ORG/LEAN-AND-SIX-SIGMA-IN-THE-TEXTILE-INDUSTRY/](https://issp.org/lean-and-six-sigma-in-the-textile-industry/)
- MARTÍNEZ, I., GUEVARA, I. CRUZ, J. HEREDIA, R. & OSIO, D. M. (2024). DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN MODELO LEAN SIX SIGMA COMO MÉTODO DE MEJORA CONTINUA EN LAS PYMES. CIENCIA LATINA, 8(5), 9131-9152. [HTTPS://DOI.ORG/10.37811/CL_RCM.v8i5.14302](https://doi.org/10.37811/CL_RCM.v8i5.14302)
- ORTIZ, J. E. (2024). IMPLEMENTACIÓN DE LEAN SIX SIGMA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE CORTE DE UNA EMPRESA DE CONFECCIÓN, LIMA – 2024 [TESIS DE TITULACIÓN, UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA]. REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA. [HTTPS://HDL.HANDLE.NET/20.500.14005/15691](https://hdl.handle.net/20.500.14005/15691)
- NICOLETA-MIHAELA, D. & PISLARU, M. (2024). LEAN SIX SIGMA AND SUSTAINABILITY IN TEXTILE INDUSTRY: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW [LEAN SIX SIGMA Y SOSTENIBILIDAD EN LA INDUSTRIA TEXTIL: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA] EN HARPA, R., PIROI, C., BUHU, A., CIOBANU, L. (ED.) INTERNATIONAL SYMPOSIUM "TECHNICAL TEXTILES - PRESENT AND FUTURE" (PP. 258-263). SCIENDO. [HTTPS://DOI.ORG/10.2478/9788367405355](https://doi.org/10.2478/9788367405355)
- ROBLES, J. A. & SANTIBAÑEZ, J. J. (2025). APLICACIÓN DE LEAN SIX SIGMA Y TPM PARA REDUCIR EL PORCENTAJE DE PRENDAS RECHAZADAS EN UNA MYPE TEXTIL EN LIMA, PERÚ [TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL, UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS]. REPOSITORIO ACADÉMICO UPC. [HTTP://HDL.HANDLE.NET/10757/685745](http://hdl.handle.net/10757/685745)
- ROBLES-FABIAN, D. A., BALVIN-AZAÑA, R. J. & VILLANUEVA-FIGUEROA, R. E. (2025). EDUCACIÓN FINANCIERA COMO UN FACTOR DETERMINANTE DE RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL EN LOS EMPRENDEDORES TEXTILES DEL EMPORIO DE GAMARRA, LIMA, PERÚ. ESPACIOS, 46(01), 42-57. [HTTPS://DOI.ORG/10.48082/ESPACIOS-A25V46N01P04](https://doi.org/10.48082/espacios-a25v46n01p04)
- TORRES, S. & VALDIVIA, J. A. (2020). WASTE REDUCTION MODEL DESIGN IN THE TEXTILE INDUSTRY: A LEAN MANUFACTURING APPROACH [DISEÑO DE UN MODELO DE REDUCCIÓN DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA TEXTIL: UNA APROXIMACIÓN A LEAN MANUFACTURING]. REPOSITORIO ACADÉMICO UPC. [HTTP://HDL.HANDLE.NET/10757/653476](http://hdl.handle.net/10757/653476)

ÍNDICE DE IMÁGENES



De izquierda a derecha

1. <https://www.durespo.com/importancia-de-la-nutricion-animal/>
2. <https://es.pinterest.com/irelenart/>
3. <https://apttperu.com/costos-en-la-industria-textil/>https://stock.adobe.com/pe/images/warehouse-metal-blank-electroplating-plant-for-the-metal/194755542?prev_url=detail
4. <https://www.instagram.com/smartmarketingby/?hl=en&epik=djoy-JnU9NFgzWG1Qc3UwYnZRR3dRRXRyZHJCS1ZMaXpGMXNUdGEmcD-owJm49eDRDM244Voo2OXVsYVVpV2ZPOXhGdyZoPUFBQUFBR2xT-cU13>
5. <https://es.pinterest.com/priyankaminnu/>
6. Vega (2025)

Ciencias e Ingeniería



<https://ctscafe.pe/index.php/cienciaingenieria>
Volumen I- N° 3 Diciembre 2025

Contáctenos en nuestro correo electrónico
cienciaseingenierias@ctscafe.pe

Página Web:
<https://ctscafe.pe/index.php/cienciaingenieria>