



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería.

Colegio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

**Tesis presentada para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería
Mecánica y Eléctrica**

Implementación de Proyecto Six Sigma Green Belt

Aplicada al proyecto de batas con carácter técnico.

Presenta: Emilio Ferrao Ortiz

Director de tesis: Dr. Carlos Roberto Ibáñez Juárez.

Asesores: Beatriz Aguilar Romero y Carlos Rangel Romero

Puebla, Puebla a 18 de septiembre de 2025



BUAP

Oficio No. SAC/1592/2025

**C. Emilio Ferrao Ortiz -201860723-
Pasante de la carrera de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Presente.**

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

“IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTO SIX SIGMA GREEN BELT APLICADA AL PROYECTO DE BATAS CON CARÁCTER TÉCNICO”

Por lo anterior hacemos de su conocimiento que se asigna como director de tema al Dr. Carlos Roberto Ibáñez Juárez.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

**Atentamente
“Pensar bien, para vivir mejor”**

H. Puebla de Z. a 06 de octubre de 2025

**M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora
Director**



**M'ACGZ/M'VGL/barv
C.c.p. Interesado
C.c.p. Archivo**

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora
Director de la Facultad de Ingeniería
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
P r e s e n t e.

El que suscribe: Dr. Carlos Roberto Ibáñez Juárez, director del tema de tesis:

"IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTO SIX SIGMA GREEN BELT APLICADA AL PROYECTO DE BATAS CON CARÁCTER TÉCNICO"

Presentada por el C. Emilio Ferrao Ortiz -201860723-, pasante del Colegio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, y en atención al oficio No. SAC/1592/2025 con fecha de emisión 06 de octubre de 2025, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

A t e n t a m e n t e

"Pensar bien, para vivir mejor"

H. Puebla de Z. a 06 de octubre de 2025



Dr. Carlos Roberto Ibáñez Juárez
Director de Tema

D'CRIJ/BARV
C.c.p. Archivo

Agradecimientos.

Me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que hicieron posible éste logro. Principalmente a mis padres Verónica y Evaristo por ser mi guía mi sostén y mi ejemplo a seguir. Su amor incondicional y confianza han sido fundamentales para impulsarme en este camino.

Me gustaría agradecer también a la escuela, a la facultad y a mis maestros por su esfuerzo y confianza invertidos en mí, pero principalmente al Dr. Carlos Ibáñez por su orientación y compromiso cuyo apoyo convirtió este desafío en una oportunidad de aprendizaje.

A mis amigos, familiares y a mi novia que siempre estuvieron animando, ayudando y apoyando en los momentos con mayor dificultad, quienes hacían de mi día a día un camino de aprendizajes y alegrías.

Éste logro no sólo representa un título sino la combinación de un esfuerzo de varios años recordándome así que con dedicación y pasión se pueden hacer los sueños realidad.

ÍNDICE

1. Protocolo de tesis.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	1
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos de la investigación.....	3
1.4.1.Objetivo General.....	3
1.4.2.Objetivos específicos.....	4
1.5. Pregunta de investigación.....	4
1.6. Alcances y limitaciones.....	4
1.7. Cronograma.....	6
2. Marco Teórico.....	7
2.1. Fundamentos de Lean y Six Sigma.....	7
2.2. Lean Manufacturing y filosofía de mejora continua.....	17
2.3. Gestión de valor y desperdicio en Lean Six Sigma.....	20
2.4. Herramientas estadísticas y análisis de la calidad.....	25
3. Estado actual del proyecto.....	41
3.1. Definir.....	41
3.1.1.Project charter.....	41
3.1.2.Mediación del nivel actual y potencial de errores por proceso.....	42
3.1.3.Mediación del nivel actual y potencial del proceso en calificaciones por operador.....	43
3.1.4.Objetivo por PPM.....	44
3.1.5.5W y 2 H.....	46
3.2. Medir.....	47
3.2.1.Hoja de verificación.....	47
3.2.2.Histograma del promedio de yield por operador.....	49
3.2.3.Gráfica de Pareto de primer nivel.....	50
3.2.4.Gráfica de Pareto de segundo nivel de defectos por operación.....	51
3.2.5.Gráfica de Pareto de segundo nivel de defectos por operador.....	52
3.2.6.Diagrama causa y efecto. (Ishikawa).....	53

3.3. Analizar	54
3.3.1.Árbol causal.....	54
3.3.2.Análisis de tendencia.....	55
4. Implementaciones.....	56
4.1. Mejorar	56
4.1.1.Objetivos SMART	56
4.1.2.Quick wins	57
4.1.3.Plan de acción	58
4.2. Control.....	59
4.2.1.Plan de control.....	59
4.2.2.A3.....	60
5. Conclusiones	61
5.1. Referencias bibliográficas	62

Índice de Gráficas y figuras

Fig. 1: Objetivos con Lean Six Sigma y 99% de efectividad.....	8
Fig. 2: Enfoque Lean Six Sigma y beneficios económicos.....	8
Fig. 3: Mejora de calidad se dé una relación positiva en cadena.....	10
Fig. 4: Tres pilares de Lean Six Sigma.....	12
Fig. 5: Distribución normal en Lean Six Sigma.....	14
Fig. 6: Calidad 3 sigma y 6 sigma.....	14
Fig.7: Formula capacidad de procesos (CP).....	15
Fig. 8: Formula capacidad de procesos (CPK).....	15
Fig. 9: Valor CP y su interpretación a nivel práctico.....	16
Fig. 10: Valor CP y CPK, porcentaje de desperdicios.....	16
Fig. 11: Imagen Herramientas utilizadas en Lean Manufacturing	18
Fig.12: Aplicaciones de Lean Manufacturing.....	19
Fig. 13: Organigrama y su estructura organizacional en Lean Six Sigma para proyectos.....	21
Fig. 14: Imagen Tres “MU”	22
Fig.15: Imagen desperdicios.....	22
Fig:16: Costo de no calidad.....	24
Fig. 17: Gráfica de costo de no calidad.....	24
Fig. 18: Ejemplo imagen histograma.....	29
Fig. 19: Ejemplo gráfica de Pareto.....	30
Fig. 20: Plantilla diagrama de causa y efecto.	31

Fig. 21: Ejemplo árbol causal.....	32
Fig. 22: Análisis de tendencias.....	32
Fig. 23: Quick wins.....	34
Fig. 24: Plan de acción.....	35
Fig.25: Cinco fases de un proyecto.....	36
Fig. 26: Plantilla A3.....	37
Fig. 27: Imagen metodología DMAIC.....	39
Fig. 28: Imagen metodología PDCA.....	40

Protocolo de tesis.

Introducción

El entorno industrial contemporáneo y la mejora continua se han convertido en una necesidad fundamental para garantizar la supervivencia de las organizaciones. Lean Six Sigma presenta la metodología eficaz para desarrollar mejora en los procesos, reducción de sus costos, desperdicios y una mejora en su calidad. Un caso particular a este es la industria textil especializada en la fabricación de batas técnicas de alta calidad, usadas para desempeñarse en ambientes hostiles, el cual enfrenta constantes retos relacionados a la calidad del producto, eficiencia operativa, reducción de costos, desperdicios y eficiencia de entrega; los cuales son de sumo valor para satisfacer las necesidades de nuestros clientes. Ante estos crecientes problemas se ha optado por tomar como la herramienta principal a LEAN SIX SIGMA como el principal planificador y estrategia para identificar y sanar las deficiencias en cada uno de nuestros procesos productivos.

Esta investigación no sólo busca plantear una propuesta de solución operativa ante el problema, también demostrar la aplicación de las metodologías DMAIC y PDCA como metodologías que trabajan de la mano con Lean Six Sigma. Contribuyendo al fortalecimiento de la competitividad industrial mediante el pensamiento crítico y la formación profesional en la gestión de calidad

Planteamiento del problema

Las empresas que fabrican batas de carácter técnico (las utilizadas en industrias, hospitales o laboratorios) deben garantizar estándares rigurosos de calidad (seguridad, durabilidad, confort y estética). Sin embargo, estos exigentes estándares regularmente se ven comprometidos por problemas recurrentes durante el proceso de producción como defectos, retrabajos, costos elevados de producción e incluso sobre inventario.

Nuestra empresa objetivo de estudio no está siendo del todo eficiente, esto está impactando de manera negativa a las finanzas de la empresa, por lo que se indagará a través de nuestras herramientas Lean.

La empresa fabricante de éstas batas empresariales enfrentan diversas dificultades operativas las cuales afectan tanto al área de calidad, finanzas y a los altos mandos, estos problemas terminan afectando los costos y tiempos de producción los cuales se han identificado como:

1. Excesos de retrabajo: los retrabajos o el desperdicio de batas causados por errores en la producción son mucho más grandes de los esperados, por lo que este se ha convertido posiblemente en el problema más costoso.
2. Alta variabilidad en la calidad del producto final: existen defectos muy puntuales y recurrentes como las costuras, ajustes incorrectos en las tallas y variabilidad en los materiales utilizados que al final termina afectando rotundamente en la satisfacción del cliente.
3. Costos elevados: debido a los costos operacionales y de materiales sin cultura de mejora continua, impacta negativamente en las utilidades de la empresa.

Dado éstas características, la investigación propone la aplicación de Six Sigma a esta empresa, para identificar, analizar y reducir las variables del proceso de fabricación que afectan negativamente en la rentabilidad. El objetivo es lograr una mejora significativa, en el desarrollo de las batas para evitar reprocesos logrando así la calidad del producto final, asegurando que la empresa cumpla con los mejores estándares de calidad exigidos por los clientes.

Justificación

La aplicación de Lean Six Sigma dentro de la empresa, no sólo optimizará la calidad del producto final, sin embargo, busca reducir los costos de su operación ligados con toda la producción logrando así mejorar la competitividad de la empresa, mejorando así su posicionamiento en el mercado. Al implementar las herramientas

y un enfoque de mejora continúa basado en datos e información se podrá lograr una reducción significativa en los defectos de fabricación y una mejora en la satisfacción a nuestro cliente final.

Lean Six Sigma es un enfoque el cual la empresa buscará la mejora continua mediante un sistema de control continuo que permitirá monitorear paso a paso el desarrollo de las batas logrando así un progreso en los procesos productivos. Esto ayudará a mantener una excelente calidad, pero al mismo tiempo permitirá reducir los costos producto de los retrabajos, desperdicios y tiempos de inactividad.

En conclusión, esta investigación se justifica plenamente por la congregación de los diferentes factores técnicos, organizacionales, económicos, y logística que la sustentan. La constante necesidad de mejorar la calidad, reducir la variabilidad y exponenciar los beneficios económicos de la forma más eficaz posible con las exigencias que la metodología Lean Six Sigma. La implementación de esta metodología en el ámbito textil contribuye al avance de la ingeniería y el fortalecimiento del vínculo entre la teoría y la práctica de manera profesional, capaces de implementarlo en contextos reales y alta competitividad.

Objetivos de la investigación.

Objetivo General

Implementar de la metodología Lean Six Sigma para optimizar el proceso de producción de las Batas con carácter técnico; reduciendo la variabilidad, defectos, costos de no calidad y costos operativos. Mediante las herramientas DMAIC, PDCA y el análisis estadístico se mejorará la eficiencia operativa y se disminuirán las PPM.

Specific: Mejorar las utilidades de la empresa.

Measurable: Lograr la reducción del desperdicio en un 20%

Attainable: Mediante el uso de nuestro conocimiento, experiencia y las herramientas Lean.

Relevant: La empresa ha estado estancada y buscan una renovación.

Time: En los siguientes 70 días.

Objetivos específicos

- Cuantificar los principales defectos y desperdicios en etapas críticas mediante el uso de herramientas estadísticas.
- Diseñar e implementar acciones de mejora que permitan tener un progreso alcanzable y tangible
- Evaluar y controlar los resultados mediante nuestro indicador clave PPM, asegurando la sostenibilidad del proyecto

Pregunta de investigación

¿Cómo contribuye la implementación de la metodología Lean Six Sigma con ayuda de la herramienta DMAIC y el análisis estadístico, a la mejora de la calidad, la eficiencia operativa y reducción de desperdicios en la fabricación de batas técnicas dentro de una empresa textil?

Alcances y limitaciones

Alcances. Este estudio abarcará las etapas más importantes del proceso de las cuales son: el recibo de material de proveedores, almacén, el área de producción (Corte, moldura, costura, etiquetado, pegado, detallado), calidad y sus procesos logísticos de las batas técnicas, las cuales influyen directamente en su calidad, desde el ingreso de la materia prima, hasta su repartición a los clientes. Se les dará un enfoque especial a las áreas de corte, bordado, costura y el control de calidad, ya que éstas son donde se infiere que se tienen la mayor recurrencia en los errores. Este estudio toma en cuenta la participación de los operadores ya que se contará con su experiencia previa durante el proceso los cuales serán fundamentales para la identificación de obstáculos y la propuesta de mejoras.

Limitaciones. La limitación más importante va marcada con el alcance temporal del estudio ya que las fases de implementación se desarrollarán dentro de un periodo de tiempo acotado, lo que podría evitarnos la oportunidad de ver con claridad los problemas y observar con totalidad los efectos de las acciones propuestas a mediano y largo plazo.

El estudio limitará su intervención al ciclo de mejora propuesto por la metodología Lean Six Sigma y el enfoque DMAIC, sin contemplar diseños estructurales profundos, o inversiones fuera del alcance operativo actual. El análisis se realizará con base en datos internos recopilados durante el periodo de estudio.

A pesar de los obstáculos que se pudieran llegar a presentar nuestro objetivo será maximizar el valor práctico de los hallazgos, desarrollando propuestas para la mejora con un análisis estadístico y económicamente viables dentro del contexto actual de la compañía.

Cronograma

Mes	Abril 2025				Mayo 2025				Junio 2025				Julio 2025			Agosto 2025				
Semana / Actividad	10	11	12	13	5	6	7	8	6	7	8	9	6	7	8	6	7	8	9	10
Primera revisión de protocolo de tesis																				
Segunda revisión de protocolo de tesis																				
Revisión conceptos de tesis																				
Trabajo de campo para el análisis comparativo																				
Realizar comparativa entre resultados																				
revisión bibliográfica																				
Escritura y defensa de tesis																				

Marco Teórico

Fundamentos de Lean y Six Sigma

Hoy en día, las industrias enfrentan constantes y crecientes desafíos cuando hablamos de eficiencia, eficacia, calidad y reducción de costos; por otra parte, la continua competencia en mercados, globales, la evolución de la tecnología y la persistente exigencia que sufren las empresas para optimizar sus procesos obligan a las mismas a ser cada vez más minuciosas en la mejora continua que los mantiene dentro de esta contienda. Es por eso por lo que la única manera de poder mejorar los productos y servicios que las empresas proveen a sus clientes es a través de la mejora continua, aquí es donde hablamos de la metodología LEAN SIX SIGMA la cual se ha consolidado a nivel global por empresas como FORD, como una metodología eficaz que reduce los desperdicios, pero también promueve el cambio de mentalidad de las personas que la conocen. Six Sigma a través de las herramientas Lean y el enfoque estadístico mejoran la productividad de las grandes, medianas y pequeñas empresas mejorando la rentabilidad en sus áreas de producción así teniendo más utilidad para poder invertir en más tecnología y mejor calidad.

La relevancia que conlleva este ámbito y su aplicación logra un papel muy importante en la manufactura, ya que cuando ponemos en práctica las herramientas correctas en el lugar adecuado obtenemos:

- Disminución en defectos de producción.
- Reducción en tiempos de producción.
- Baja en merma y costos operativos.

A nivel histórico la ingeniería ha sido la base de nuestras empresas, el desarrollo industrial y tecnológico en casi cualquier ámbito, es por ello por lo que la busca de la perfección es la mejor manera de dar reverencia a lo que estos sistemas, herramientas e instrumentos nos pueden ofrecer.

Es por ello por lo que lo que se busca en el presente escrito es analizar la teoría que está detrás de Six sigma y evidenciar su impacto en el área de la ingeniería; en

el mundo donde la innovación, el pensamiento crítico, la competitividad, la adaptabilidad y la mejora continua son la clave para el éxito para las actuales y futuras generaciones que buscan la excelencia. A lo largo del presente documento veremos que Six Sigma no es sólo un conjunto de herramientas o una serie de pasos para seguir, es mucho más que eso ya que representa como he dicho antes una manera de pensar, atacar problemas y de llevar la ingeniería a un nivel donde pocas personas logran entender, de esta manera se podrá obtener todo el beneficio de tener procesos más sanos, sólidos, eficientes y productivos.

¿Qué es Six Sigma? ¿Qué significa Lean?

El término “sigma” en el nombre Six Sigma es una letra griega la cual es utilizada para describir la variación, esta unidad de medición es aplicada para calcular los defectos por unidad. La calidad sigma ofrece un nivel de indicador del proceso el cual es menos propenso a tener defectos. Un nivel de calidad seis sigma (Six Sigma) es equivalente a 3.4 defectos por millón. “En otras palabras, Six Sigma se enfoca en la eficacia y calidad del producto o servicio” (Pyzdek, 2003, p. 5). En términos prácticos lo que se busca es poder reducir el costo operativo de la empresa y poder subir la rentabilidad

Objetivos de rendimiento – Lo que se obtendría...	
Por cada 300.000 cartas enviadas:	
<u>Con 99%</u>	<u>con Seis Sigma</u>
3.000 direcciones equivocadas	1 dirección equivocada
En 500.000 reinicios de un ordenador:	
<u>Con 99%</u>	<u>con Seis Sigma</u>
4.100 fallos	< 2 fallos
En 500 años de cierres mensuales:	
<u>Con 99%</u>	<u>con Seis Sigma</u>
60 meses sin cuadrar	0,18 meses sin cuadrar
Por cada semana de emisión de TV (por canal):	
<u>Con 99%</u>	<u>con Seis Sigma</u>
1,68 horas de tiempo muerto de emisión	1,8 segundos de tiempo muerto de emisión

Fig. 1 Objetivos con Lean Six Sigma y 99% de efectividad (John Wiley, 2003. p. 5)

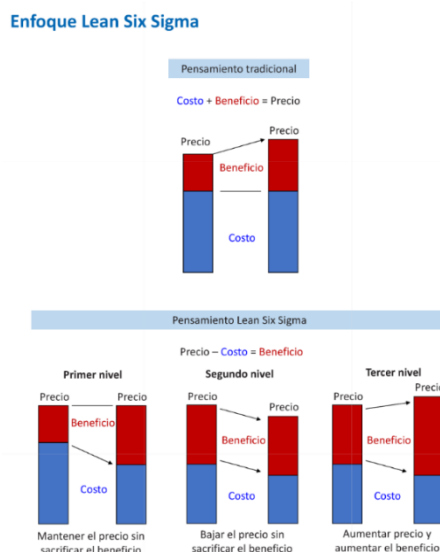


Fig. 2: Enfoque Lean Six Sigma y beneficios económicos (John Wiley, 2003. p. 8)

El concepto Lean se origina en la empresa Toyota alrededor de los años cincuenta, con su sistema de producción llamado Sistema de Producción Toyota (TPS), el cual Lean se enfoca principalmente en la reducción de desperdicios y la mejora de la eficiencia, en otras palabras, su prioridad es el flujo o el proceso.

¿Qué es Lean Six Sigma? Similitudes.

Lean = Velocidad. Mejorar el flujo mediante la eliminación del desperdicio.

Six Sigma = Calidad. Mejorar el proceso mediante la reducción de variación.

La mejora no es sólo perfeccionar si no también innovar lo que requiere creatividad y planificación a todos los niveles.

La importancia de la integración entre Lean y Six Sigma radica en que es porque no requiere la definición de un defecto para un proyecto, esto es de alta relevancia ya que una de las similitudes que comparten es que tienen el enfoque de la mejora continua ya que ambos integran el principio Kaizen. Otra área muy importante es que ambas se basan en hechos y datos que al final del día concluye en eficiencia operacional. En otras palabras, Lean y Six Sigma son herramientas y metodologías separadas pero complementarias al mismo tiempo, ya que dependiendo de las necesidades de tu proyecto o de tu hoja de ruta determinaran cuál de las metodologías utilizaras Lean o Six Sigma.

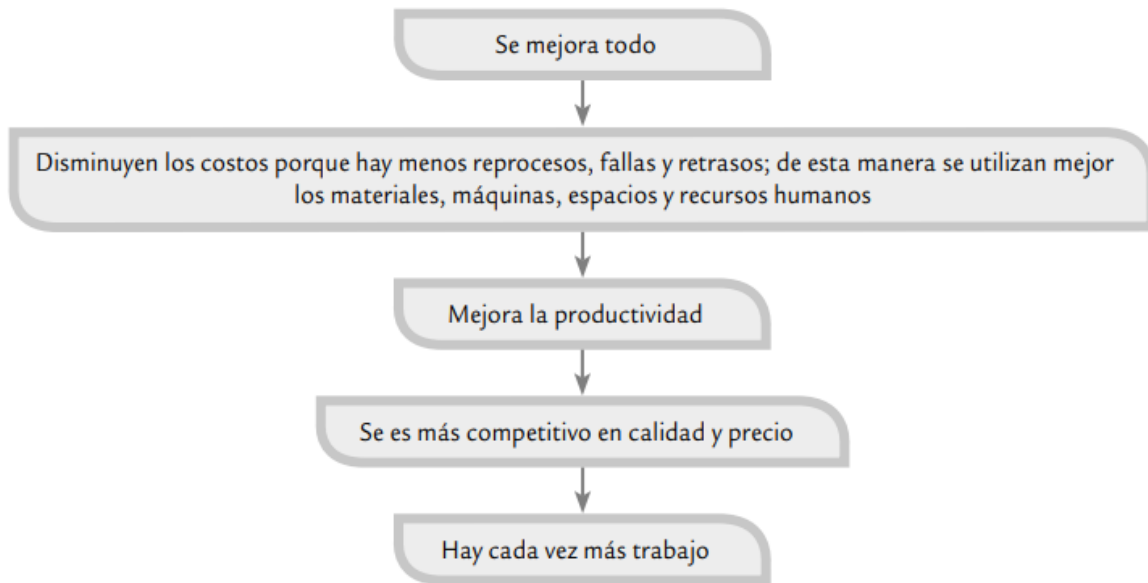


Fig. 3 Al mejorar la calidad se da una relación positiva en cadena (Gutiérrez Pulido & de la Vara, 2009, p. 7)

Historia Lean Six Sigma.

Los primeros pasos de Six Sigma (Pyzdek, 2003, p. 7). empezaron con Bill Smith considerado el padre de Six Sigma empezó a desarrollar la metodología, sin embargo, Bill Wiggenhorn vicepresidente de motorola en los años 1986 de empresa Motorola fue quien creó las fórmulas originales lo que dio el inicio de la cultura Six Sigma. Bill junto con Bob Galvin CEO de Motorola quien en ese tiempo la empresa enfrentaba grandes problemas de calidad en la producción de celulares y dispositivos electrónicos, por lo que la empresa decidió a desarrollar un enfoque sistemático para disminuir los problemas de calidad llamada Six Sigma este diseño tenía como objetivo no producir más de 3.4 Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO). Esta cifra tenía como representación un nivel considerablemente alto en términos de Calidad. Galvin y compañía tuvieron tanto éxito con la metodología que ganaron el premio National Quality Award en 1988.

Después de los grandes resultados obtenidos en Motorola, la metodología empezó a ganar popularidad, pero en 1995 Jack Welch CEO de General Electric comenzó a implementar Six Sigma en la compañía para mejorar sus procesos, este fue descrito por el mismo CEO como “La iniciativa más retadora y gratificante que General Electric pudiera tomar”. En 1997 el informe anual de General Electric afirma que Six Sigma generó más de 300 millones de dólares en ingresos operativos. En este periodo empresas de todo el mundo comenzaron a utilizar Six Sigma como metodología principal para la mejora de sus procesos, como, por ejemplo: IBM, Ford, Caterpillar, 3M.

El auge que tuvo Six Sigma obligó a las empresas a entrenar y certificar a sus trabajadores por lo que crearon cinturones con ciertos niveles llamados: Cinturón blanco (básico), Cinturón Amarillo (Fundamental), Cinturón Verde (Avanzado), Cinturón Negro (Experto) y Cinturón Maestro negro (Muy experto) los cuales proporcionaban una estructura para la implementación de proyectos de mejora continua.

Six Sigma ha tenido un impacto muy grande en la industria manufacturera, pero también ha sido adaptada por muchas otras empresas de todos los sectores, productos y servicios esto debido a que se ejemplifica con los siguientes beneficios:

- Medical Systems explica como los diseños de Six Sigma multiplicaron por 10 la vida útil de partes medicas que ellos fabrican impactando directamente en el nivel de atención al paciente que ofrecen los hospitales y otros proveedores de atención médica.
- En el negocio de plásticos pasando por un proceso riguroso Six Sigma agregó 300 millones de libras de nueva capacidad equivalente a la producción de toda una planta, teniendo así un ahorro de 400 millones de dólares para el año 2000.

(Pyzdek, 2003, p. 7).

Esta historia consiste sobre la innovación, cambio, adaptabilidad y mejora continua la cual lleva como gran protagonista a Bob Galvin y General Electric que tienen como prioridad el servicio al cliente. Esta metodología ha pasado por diferentes fases de evolución, pero hoy en día se ha demostrado que Six Sigma sigue siendo relevante para aquellas empresas que deciden adoptar esta herramienta como su gran gestión de calidad y filosofía empresarial.

Tres Pilares de Lean Six Sigma:

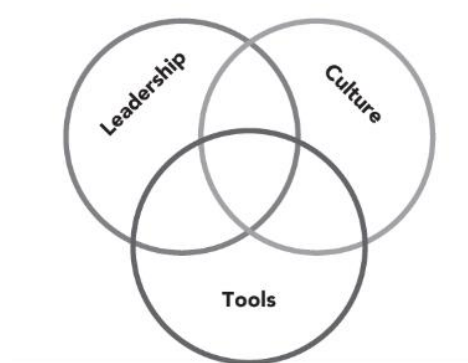


Fig. 4: Tres pilares Lean Six Sigma (Field Guide, p. 34)

Kaizen

Este enfoque está basado en la mejora continua a través de pequeños avances progresivos y sostenidos mediante la participación de todos los niveles organizacionales. El enfoque Lean se deriva del Kaizen y prioriza el uso mínimo de los recursos para aumentar los beneficios entregado a nuestros clientes.

La cultura Kaizen requiere de liderazgo comprometido y disciplina operativa constante para asegurar los resultados a largo plazo, la mejora continua se logra a través de estandarización y retroalimentación en todos los niveles y según el libro Strategic Kaizen la mejora no sólo es técnica si no también estratégica al alinear procesos con los objetivos globales de rentabilidad. A través del libro Strategic Kaizen que introduce el modelo de Flujo, sincronización y nivelación como criterios técnicos para poder medir el desempeño operativo busca reducir los tiempos muertos e interrupciones que afecten la eficiencia y productividad.

El modelo Lean replantea la lógica de enfocarse en la eliminación sistemática de desperdicios y el uso óptimo de recursos, a pesar de los grandes beneficios sólo el 1% de las organizaciones tradicionales ha adoptado el enfoque Lean de forma estructural y medible según Masaaki Imai reconocido japonés considerado el padre de Kaizen.

El enfoque Kaizen basado en el Flujo, sincronización y nivelación supera técnica y operativamente al modelo tradicional. Masaaki Imai resalta que el uso de menos recursos para generar un mayor valor es clave para la competitividad sostenible. La mejora continua no es una opción, es una necesidad.

Métrica Six Sigma

El concepto de Six Sigma describe la distribución normal en los procesos. Como hemos explicado antes sigma es una letra griega la cual describe la variación y el SIX describe cuántas variaciones estándares debe de haber para que el proceso sea el adecuado. El 99% de la calidad no nos garantiza la “seguridad” que necesitamos, aquí unos ejemplos de lo que ello representa:

- 20,000 artículos perdidos por envío por hora.
- 5,000 cirugías incorrectas por semana.
- Cortos o largos aterrizajes en la mayoría de los aeropuertos cada día.

Como hemos visto el 99% de calidad no nos garantiza estar a salvo de errores y no se trata de ser perfectos, se trata de minimizarlos.

El nivel sigma utilizada como unidad de medida para el programa de Six Sigma, tiene 1.5 puntos a tener en cuenta en las variaciones y desviaciones el cual se mide por Partes por millón (PPM). La mayoría de los productos y servicios son four sigma, cuando claramente la meta de la mejora continua es six. (Pyzdek, 2003, p. 13).

En la siguiente imagen se muestra una distribución normal aplicada a Six Sigma.

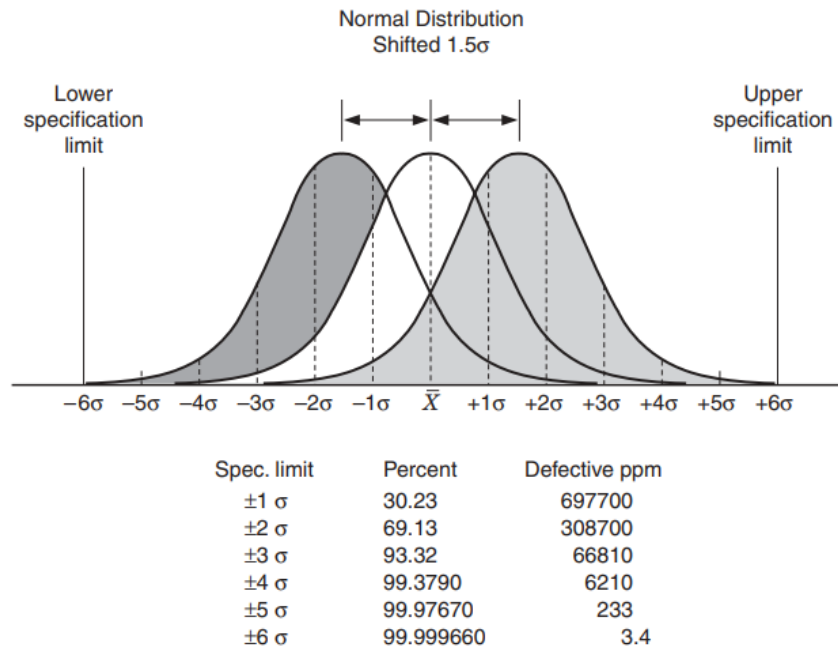


Fig. 5: Distribución de Lean Six Sigma (Pyzdek, 2003, p. 13)

Capacidad de proceso (CP y CPK)

Este tipo de análisis estadístico determina si un proceso es capaz de satisfacer las necesidades y expectativas del cliente mediante los límites de especificación establecidos, al hacer referencia a la distribución y tipos de datos.

La medida en que los valores esperados caen dentro de estos límites determina la capacidad del proceso para cumplir sus requisitos. La habilidad o capacidad de un proceso consiste en conocer la amplitud de la variación neutral de este para una característica de calidad dada lo cual permite saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria.

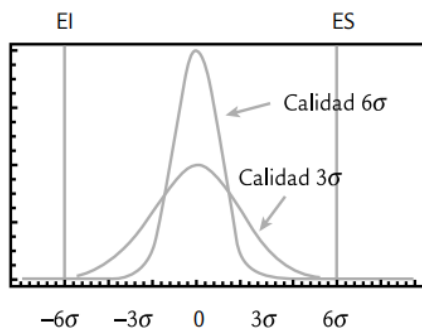


Fig. 6: Calidad 3sigma y 6 sigma
(Gutiérrez Pulido & de la Vara, 2009, p. 110.)

Así se ve una capacidad de proceso realizado en el programa de minitab.

La gráfica explica cómo se observaría idealmente una capacidad de proceso

de 3 sigma y 6 sigma.

Índice CP: Indica la capacidad potencial del proceso, éste compara el ancho de las especificaciones o la variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real de éste. En palabras más sencillas es como podría funcionar un proceso si estuviera perfectamente centrado entre los límites de especificación sin que éstos presenten causas especiales. El cual su fórmula es:

Huberto Gutiérrez Pulido, Roman de la Vara Salazar. 2010 Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. Mc Graw Hill. (Pag.101)

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

ES= Límite superior

EI= Límite inferior.

σ = Desviación estándar.

*Fig. 7: Formula Capacidad de procesos CP
(Gutiérrez Pulido & de la Vara, 2009, p. 101)*

Índice CPK: Este indicador nos da la capacidad real de un proceso que se puede ver como un ajuste del Cp para tomar en cuenta un centrado del proceso. Mide el estado actual de un proceso, considerando tanto su variabilidad como su desviación con respecto al objetivo. El cual su fórmula es:

Huberto Gutiérrez Pulido, Román de la Vara Salazar. 2010 control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. Mc Graw Hill. (Pag 105)

$$C_{pk} = \text{Mínimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right]$$

ES= Límite superior

EI= Límite inferior.

σ = Desviación estándar.

μ = Media del proceso

Fig. 8: Fórmula capacidad de proceso CPK (Gutiérrez Pulido & de la Vara, 2009, p. 105)

VALOR DEL ÍNDICE C_p	CLASE O CATEGORÍA DEL PROCESO	DECISIÓN (SI EL PROCESO ESTÁ CENTRADO)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$C_p > 1.33$	1	Adecuado.
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Fig. 9: Valor CP y su interpretación a nivel práctico (Gutiérrez Pulido & de la Vara, 2009, p. 102)

VALOR DEL ÍNDICE (CORTO PLAZO)	PROCESO CON DOBLE ESPECIFICACIÓN (ÍNDICE C_p)		CON REFERENCIA A UNA SOLA ESPECIFICACIÓN (C_{pi} , C_{ps} , C_{pk})	
	% FUERA DE LAS DOS ESPECIFICACIONES	PARTES POR MILLÓN FUERA (PPM)	% FUERA DE UNA ESPECIFICACIÓN	PARTES POR MILLÓN FUERA (PPM)
0.2	54.8506%	548 506.130	27.4253%	274 253.065
0.3	36.8120%	368 120.183	18.4060%	184 060.092
0.4	23.0139%	230 139.463	11.5070%	115 069.732
0.5	13.3614%	133 614.458	6.6807%	66 807.229
0.6	7.1861%	71 860.531	3.5930%	35 930.266
0.7	3.5729%	35 728.715	1.7864%	17 864.357
0.8	1.6395%	16 395.058	0.8198%	8 197.529
0.9	0.6934%	6 934.046	0.3467%	3 467.023
1.0	0.2700%	2 699.934	0.1350%	1 349.967
1.1	0.0967%	966.965	0.0483%	483.483
1.2	0.0318%	318.291	0.0159%	159.146
1.3	0.0096%	96.231	0.0048%	48.116
1.4	0.0027%	26.708	0.0013%	13.354
1.5	0.0007%	6.802	0.0003%	3.401
1.6	0.0002%	1.589	0.0001%	0.794
1.7	0.0000%	0.340	0.0000%	0.170
1.8	0.0000%	0.067	0.0000%	0.033
1.9	0.0000%	0.012	0.0000%	0.006
2.0	0.0000%	0.002	0.0000%	0.001

Fig. 10: Valor CP y CPK, porcentaje de desperdicios (Gutiérrez Pulido & de la Vara, 2009, p. 102 y 103)

En la tabla anterior vienen las especificaciones fuera de los límites de control, el número de piezas en rechazo según su índice.

Lean Manufacturing y filosofía de mejora continua.

Historia de Lean Manufacturing y metodología Lean Manufacturing

El principio de la evolución del modelo moderno de Lean Manufacturing fue marcado por James Watts por la máquina de vapor de doble acción en 1776, con este pequeño gran paso comenzaba la revolución industrial y daba la oportunidad más tarde a Eli Whitney en 1798 con su máquina que le dio impulso a la producción por masa, sentando la base con lo que hoy en día se conoce como estandarización.

Cuando hablamos de Lean Manufacturing es imposible no poder relacionarlo con Taiichi Ohno quien nació en 1912 en Manchuria China y fue graduado de Nagoya Technical School. Él empezó a trabajar en Toyota en 1932. En 1940 Taiichi quien en ese tiempo era Gerente de la línea de montaje y desarrollo varios instrumentos. Toyota estaba muy cerca de la bancarrota por lo que casi no podía hacer grandes inversiones y obligó a Taiichi a desarrollar proyectos sin recursos económicos. Desde 1940 Taiichi Ohno y Shigeo Shingo compartieron experiencia que transformaron la planta y crearon también estrategias de manufactura que conocemos hoy en día como Lean Manufacturing

Esta herramienta fue aplicada en los años 1950 en Japón, donde TPS (Toyota Production System) desarrollada por Taiichi Ohno y Eiji Toyoda crearon un sistema basado en la eliminación de desperdicios (muda), mejora continua (Kaizen), y producción ajustada (Just in Time) la cual ayudó a Toyota a alcanzar su mayor productividad en su historia hasta esos tiempos. Este concepto se popularizó por el libro *The Machine That Changed the World* en 1990 ya que describe las prácticas de manufactura utilizadas por Toyota y su impacto económico dentro de la empresa, pero sobre todo a nivel global.

Lean Manufacturing tools:

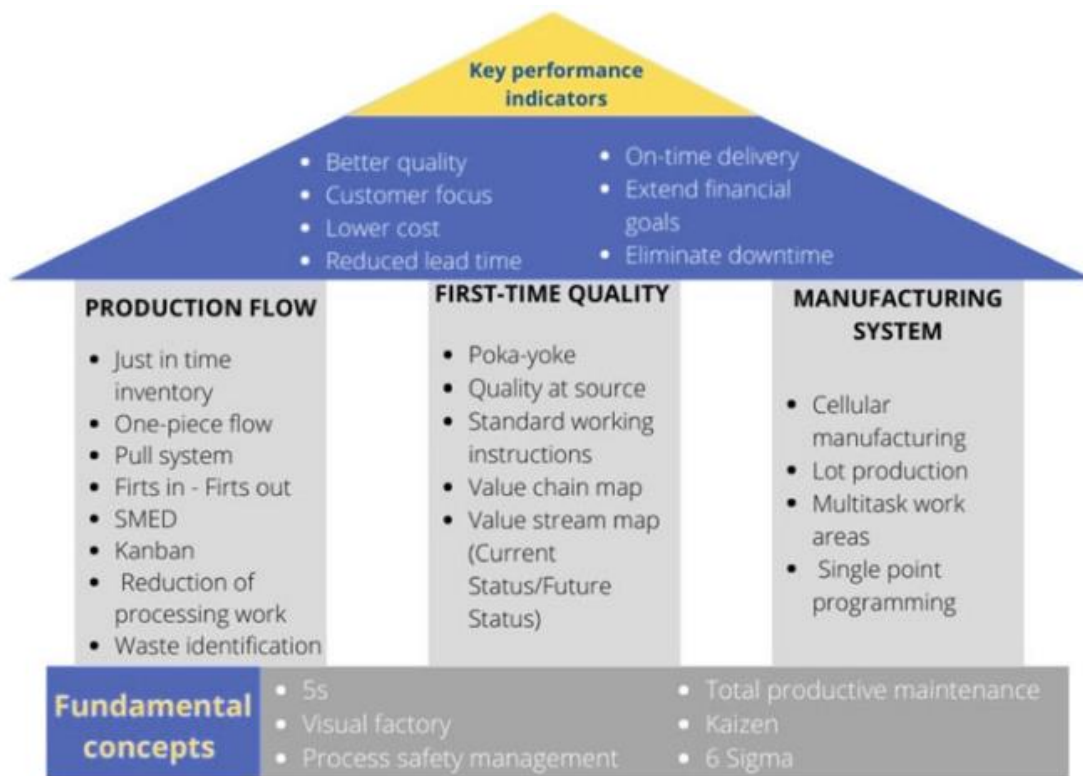


Fig.11: Herramientas de Lean Manufacturing (Díaz & García, 2022, p.3)

Lean Manufacturing es una filosofía de gestión para mejorar la eficiencia y eficacia en los procesos de manufactura. El valor agregado en esta filosofía es maximizar el atractivo para el cliente, pero al mismo tiempo disminuyendo los desperdicios. El término Lean Manufacturing esta desarrollado por Toyota en 1950 tomando relevancia hasta nuestros días para la mejora continua.

La metodología Lean Manufacturing es un sobrenombre dado por Just in Time System, llamado así por TPS. Este es definido como un proceso continuó y sistemático el cual elimina el “exceso”. Este término “exceso” significa toda actividad que no añade valor al proceso. La eliminación sistemática de aquellos desperdicios se consigue con una buena organización, y entrenando a tu personal. Debemos entender que Lean Manufacturing es una tarea incesable e ininterrumpida para crear empresas más efectivas, innovadoras y eficientes.

El mayor poder de Lean Manufacturing radica en descubrir continuamente las oportunidades de mejora que toda empresa esconde ya que siempre existen áreas de oportunidad y residuos que eliminar. Toda gira en crear una forma de ver las cosas, comprender que el desperdicio existe y siempre será un desafío para aquéllos que deseen encontrarlo y eliminarlo

La siguiente imagen representa la base de la filosofía, el liderazgo y las herramientas:

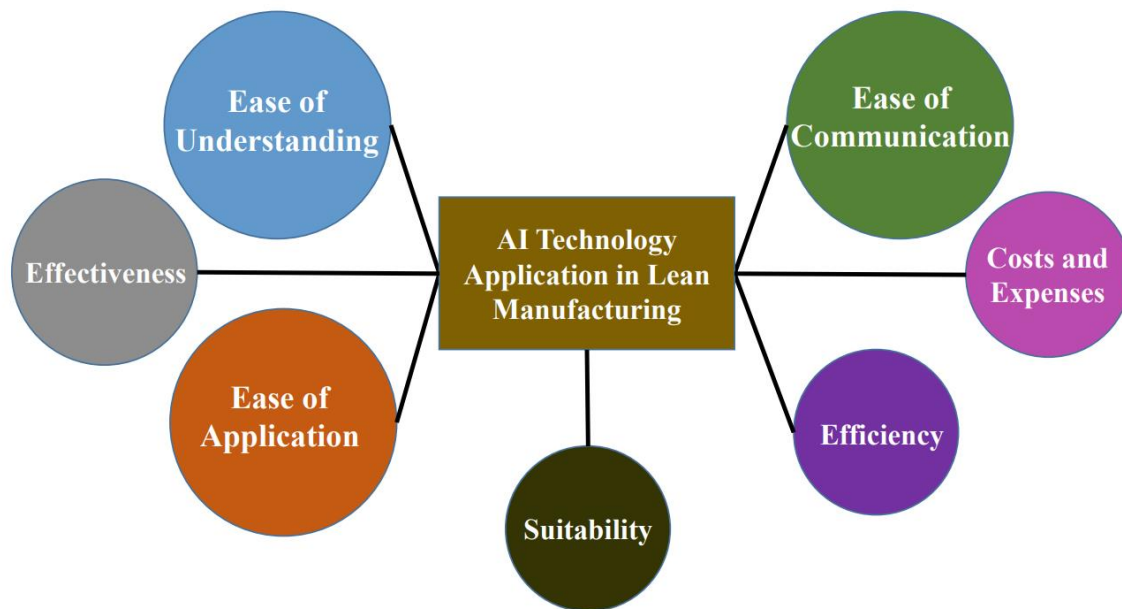


Fig. 12: Factores considerados al elegir tecnología de AI, aplicaciones hacia la manufactura (Chen & Wang, 2022, p. 22)

Gestión de valor y desperdicio en Lean Six Sigma.

Comparación yellow, green y black Belt

El individuo que se desea especializar el yellow belt se espera que esté al tanto de la parte teórica y práctica de Six Sigma, y pueda proveer ayuda a los miembros del equipo, sin embargo, esté no está suficientemente entrenado para tomar decisiones basadas en las herramientas estadísticas. Este tipo de personas tienen la característica de tener motivación y voluntad de cambio. Son operadores que enfrentan problemas en su área de trabajo.

Algunos de los roles que desempeña este individuo son:

- Participación en proyectos.
- Despliegan la definición de los problemas
- Obtención de datos.
- Aportan su experiencia en búsqueda de causas y de posibles soluciones

La persona que desempeña el green belt entienden los métodos estadísticos, son parte de los líderes de su equipo de trabajo, pero aún no se encuentra suficientemente entrenado para poder desempeñar el liderazgo de proyectos más complejos. Las características de esta cinta es que trabajan en equipo, tienen más conocimientos de las herramientas de calidad y tienen capacidad para dar seguimiento a los problemas. Son personas como ingenieros o analistas financieros que atacan problemas en su área

Algunos de los roles que desempeña este individuo son:

- Atacan problemas de sus áreas.
- Conocen DMAIC y sus herramientas estadísticas a un nivel práctico.
- Participan y lideran proyectos.

La persona certificada en black belt se dedican a tiempo completo en Six Sigma, lideran y orientan proyectos de alto alcance, apoyan en mantener una cultura de mejora de los procesos. Estos líderes tienen una gran capacidad de comunicación, reconocido por el personal por su experiencia y conocimientos. Estas personas son Gerentes dedicados a Six Sigma y asesorías de proyectos.

Algunos de los roles que desempeña este individuo son:

- Lideran y asesoran proyectos.
- Son dedicados a Six Sigma.
- Conocen DMAIC y herramientas estadísticas.
- Tienen experiencia en diferentes proyectos como green belt.

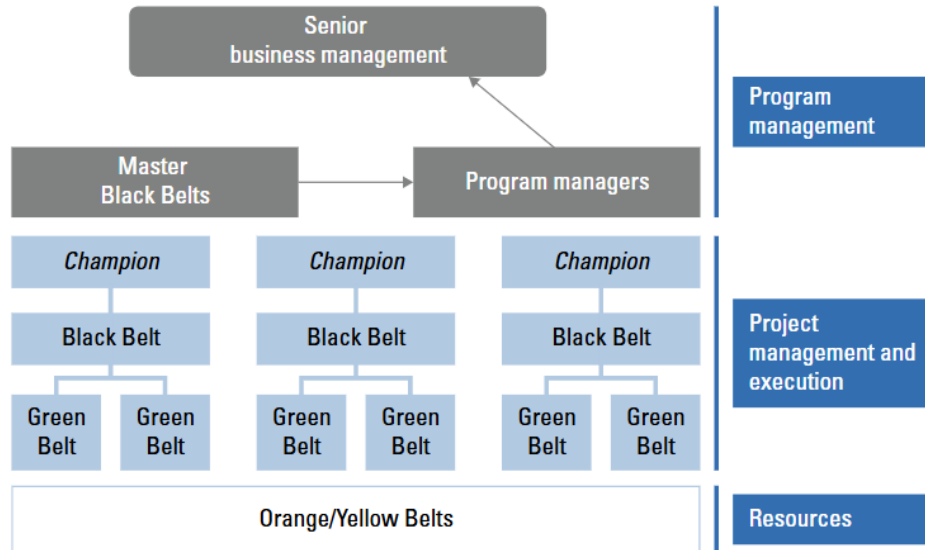


Fig. 13: Organigrama y su estructura organizacional en Lean Six Sigma para proyectos (De Mast et al., 2022, p. 14)

Valor agregado / Valor no agregado

Valor agregado (VA): Es considerado valor agregado a una actividad o algún proceso de tal manera que el cliente final estaría dispuesto a pagar más por ello. Éstas actividades son fundamentales para satisfacer las necesidades y expectativas de el o los clientes. Una base para saber si el valor agregado es real:

- El cliente está dispuesto a pagar más por ellos.
- La actividad se realiza correctamente desde la primera vez.
- La actividad transforma el producto o servicio.

No valor agregado (NVA): El no valor agregado son todas aquellas actividades las cuales consumen energía, tiempo, dinero, etc. Que no contribuyen al valor percibido por nuestro cliente. Este tipo de actividades son las que se buscan reducir al máximo o de ser posible eliminarse para la mejora continua. Esta clase de actividades son:

- No es valor el cual el cliente esté dispuesto a pagar por el.
- Desperdicio de material, tiempo, movimientos, esfuerzo, etc.

Una vez dicho esto tendremos en cuenta que hay dos formas de agregar valor, las cuales son:

- Reduciendo el desperdicio y por ende el costo de un producto o servicio.
- Incrementando las actividades que agregan valor.

3 M y 7 desperdicios

Según Chen y Wang (2022), lo que Lean Manufacturing tiene como objetivo es eliminar 3 tipos de desviaciones que se explican en breve.

Muda: éstas son actividades las cuales no agregan valor, o son desperdicio las cuales son clasificadas como los 7 desperdicios.

Mura: se refiere a la variabilidad e inconsistencia, desigualdad e irregularidad en la producción (tiempo, calidad o cantidad)

Muri: se refiere a la situación en las que los operadores o máquinas operan por encima de sus límites. Sobre carga, exceso e irracionalidad son sinónimos de Muri.

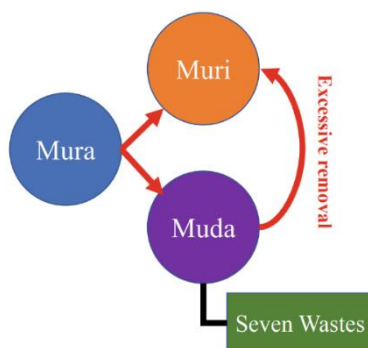


Fig. 14: Imagen tres “MU” (Chen & Wang, 2022, p. 2)

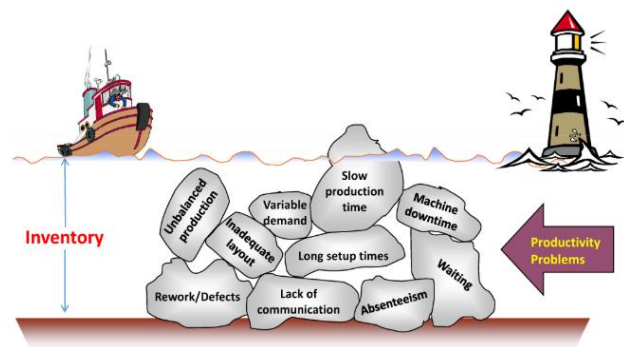


Fig. 15: Imagen desperdicios en manufactura (Chen & Wang, 2022, p. 38)

La mejor traducción de “muda es “exceso”. Existen 7 tipos de desperdicios principales que afectan la productividad de manera negativa a la compañía, éstas deben de ser conocidas y detectadas, al mismo tiempo se deben eliminar y minimizar cada día como objetivo principal en la institución. Uno de los objetivos de Lean Manufacturing es que sistemáticamente se conozcan, detecten y eliminen estos desperdicios en la industria ya que ellos reducen la capacidad de las compañías en sus actividades diarias las cuales son una piedra en el zapato para directores, gerentes y empleados en general.

Toyota ha clasificado los desperdicios en 7 grupos principales los cuales son:

- Sobreproducción.
- Exceso de inventario.
- Productos defectuosos.
- Transporte de material y herramientas.
- Procesos innecesarios.
- Espera.
- Movimientos de trabajo innecesarios.

(Socconini, 2024, p. 35).

Costo de la no calidad

Este principio desarrollado desde 1951 el cual abordaba aquellos costos no tomados en cuenta por tener una calidad baja en nuestro sistema de producción, estos se resumen en cuatro categorías principales las cuales son: Costos de evaluación y prevención, estos dos primeros engloban aquellos recursos que se destinan a implementar y mantener un sistema de calidad efectivo y preventivo. Por otro lado, las fallas internas y externas son las que representan los gastos generados por retrabajos, reprocesos o devoluciones.

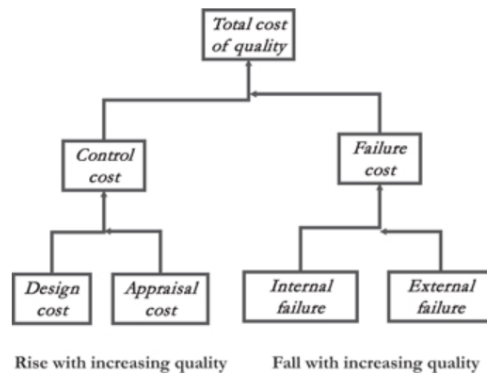


Fig. 16: Costo de no calidad (Basu, 2022, p. 65)

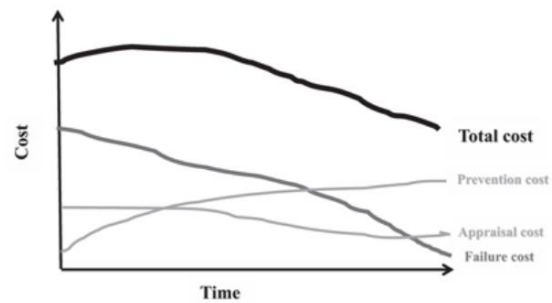


Fig. 17: Gráfico de costo total de la no calidad (Basu, 2022, p. 65)

Como se muestra en esta primera imagen, el mapa conceptual representa aquellas actividades las cuales no agregan valor al proceso, es decir, desperdicios o ineficiencias de carácter operativo. Como ya hablamos antes, éstos son: Costos de prevención, evaluación, fallas internas y externas.

La gestión de calidad pone énfasis en un enfoque tradicional el cual indica la prevención a través de la inspección y detección oportuna. La reducción en los costos de la no calidad se obtiene mediante una merma significativa en las fallas tanto internas como externas, ya que con esto dicho, el costo de la calidad tiende a disminuir con el tiempo como se ve en el gráfico de tendencias.

Herramientas estadísticas y análisis de la calidad

Project charter

El Project charter es una herramienta la cual debe elaborarse durante la fase de definición del problema, este sirve como una línea de referencia sobre el curso del proyecto y va siendo actualizado, así como el proyecto va avanzando. El Project Charter tiene un alto nivel de información que nos ayuda a buscar la mejor respuesta a nuestra solución, esta herramienta es esencial típicamente para problemas que surgirán más tarde durante los proyectos como los proyectos cambiantes, cambio de presupuestos, proyectos que nunca terminan, etc. Es por eso que la documentación de la parte inicial de un proyecto debe estar establecido desde el antes de iniciarla.

El Project charter debería de estar compuesto como mínimo de este índice:

- Objetivos comerciales
- Alcance.
- Objetivos del proyecto.
- Riesgo
- Problema o Problemas.
- Personas involucradas
- Recursos.

Entre los beneficios de esta útil herramienta está:

- La anticipación de fallos, problemas y contingencias
- Gestionar las expectativas de las partes involucradas y el equipo en general
- Disminuir riesgos en alguna fase del proyecto
- Nos regala un plan visual de lo que haremos con fechas acordadas.

Análisis de mejora y objetivos estratégicos.

La generación de objetivos para este proyecto será vital ya que en ello se basarán los resultados finales y esto lo tendremos a través de la campana de gauss que representará cómo se distribuyen los datos de un proceso ya que si éste está de manera estable y tiene poca variación la forma de la campana naturalmente será centrada. Ahora cuando el nivel sigma es bajo el proceso tiene más defectos en cambio cuando el nivel sigma es alto los errores son nulos, el concepto de Desempeño potencial operativo alcanzable (representa el mejor escenario posible sin un cambio de infraestructura) Señala que muchos procesos están funcionando hasta por un 70% debajo de su nivel ideal Es por esto que esta diferencia entre un desempeño actual y el mejor escenario posible es una oportunidad de mejora. Esta diferencia debe de ser aprovechada mediante la herramienta de Six Sigma, por eso analizar esta relación entre gauss sigma y el mejor escenario posible permite identificar de una mejor manera, mejores oportunidades dentro de este proceso.

¿Por qué 70%?

Porque procesos reales suelen operar cerca de un 2 a 3 sigma mientras que el entitlement puede estar entre un 5 o 6 sigma lo que genera una brecha potencial de un 50% a un 70%.

Línea base: Promedio del proceso.

Desempeño potencial operativo alcanzable: (Suma de los mejores 20% de calificaciones) ÷ (Cantidad de personas que representan ese 20%)

Oportunidad de mejora: Brecha = Desempeño potencial operativo alcanzable: – Línea base

Objetivo meta (para métricas a maximizar)

Objetivo = Línea base + (Desempeño potencial operativo alcanzable: – Línea base) × 0.70

Objetivo meta (para métricas a minimizar)

Objetivo = Línea base – (Línea base – Desempeño potencial operativo alcanzable:) $\times 0.70$

5W 2H

La herramienta 5W2H es una técnica de análisis utilizada en la metodología de la mejora continua para el cual tiene como propósito el poder estructurar de manera clara y precisa la información clave sobre un proceso, proyecto o problema. Este nombre (5W Y 2H) proviene por sus iniciales ingles por:

What - ¿Qué sucede?

Why - ¿Por qué sucede?

Where - ¿Dónde ocurre?

When - ¿Cuándo se presenta?

Who - ¿Quiénes están involucrados?

How - ¿Cómo ocurre el problema?

How much - ¿Cuál es el impacto económico?

La herramienta 5W y 2H permite a los equipos de trabajo formular de una manera más limpia y precisa el diagnóstico de un problema y poder así proponer planes de acción efectivos. Una de las ventajas de esta herramienta es su simplicidad y su versatilidad por la cual se puede utilizar en cualquier ramo y a diferentes niveles sin requerir herramientas estadísticas complejas.

Hoja de verificación

La hoja de verificación es un formato constituido para poder obtener datos de manera sistemática sencilla y de fácil comprensión. Ésta debe de reunir

características principales que se van a analizar esta herramienta debe de ser muy visual y se busca apreciar las causas principales desde un inicio.

El objetivo principal de la hoja de verificación radica en fortalecer y simplificar el análisis del desempeño de los proyectos por cualquier empresa ya que con ello se tomarán las decisiones más importantes en beneficio de la empresa.

Minitab

El análisis estadístico será vital para poder obtener la información esencial para poder sacar las interpretaciones pertinentes. ¿Qué es minitab? Minitab es un software estadístico creado en 1972 en la Universidad de Pensilvania, lo hicieron con el fin de facilitar el aprendizaje para sus estudiantes de estadística. Con el tiempo esta poderosa herramienta ha ido evolucionando, incluyendo nuevas funciones y hasta la fecha el día de hoy se utilizan en grandes industrias principalmente en metodologías de mejora continua como lo son Lean Six Sigma la cual la toma de decisiones es basada en datos es primordial.

Se usará este Software por tres razones principales las cuales son:

- Su análisis estadístico es totalmente confiable y profesional ya que ésta es usada a nivel mundial por industrias y universidades de renombre.
- La compatibilidad de este Software con la metodología ayudará a la toma de decisiones ya que cuenta con las herramientas necesarias para nuestro análisis como lo son gráficos de control, Pareto, capacidades de procesos, etc.
- Su facilidad de uso al usar datos y la generación de informes nos ahorrara tiempo ya que, a pesar de contar con herramientas complejas, realiza estos análisis de manera eficaz.

Histograma

Los Histogramas son herramientas muy poderosas y útiles para representar datos cualitativos. La forma de un histograma dependerá de la muestra. Este histograma también dependerá de los intervalos definidos para su realización. Este permitirá observar patrones, tendencias, dispersiones y elementos especiales. En otras palabras, un histograma es la representación gráfica en forma de barras de un conjunto de intervalos de igual amplitud y su altura será equitativamente proporcional a su frecuencia.

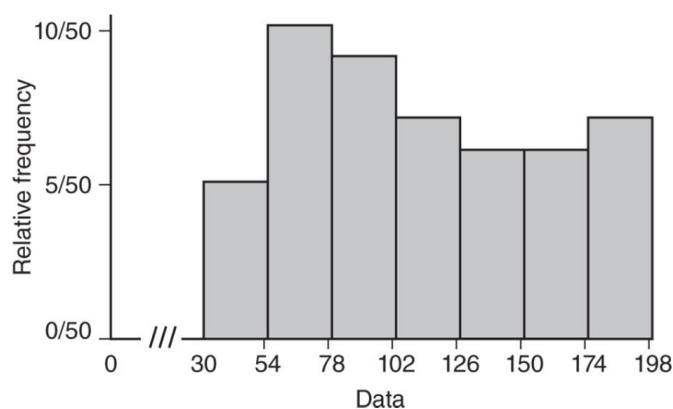


Fig. 18: Ejemplo histograma (Minitab 2020. Probability with Applications for Engineers and Scientists Using MINITAB, R and JMP)

Gráfica de Pareto

El diagrama de Pareto es una gráfica de barras el cual se obtiene de la obtención de datos (muestra). Esta herramienta nos ayuda a identificar prioridades y causas ya que se ordenan por orden de importancia a los diferentes problemas que se presentan en un proceso.

- Se reconoce que más del 80% de la problemática en una organización es por causas comunes, es decir que son causas que actúan de manera permanente sobre los procesos, además en todo proceso son pocos los problemas o situaciones vitales que contribuyen en gran medida a la problemática global de un proceso.

- Pocos vitales, muchos triviales

Éstas dos premisas representan lo que es el Diagrama de Pareto la “Ley 80-20” el cual refiere a que es 20% de los problemas generan el 80% del impacto real en la empresa, por el otro lado el restante 80% de los problemas generan 20% del impacto negativo en la empresa. Lo que busca esta herramienta es enfocar nuestros mayores recursos en minimizar o eliminar este 20% de problemas que generan el 80% del impacto negativo en la empresa.

El nombre del principio se determinó en honor al economista italiano Wilfredo Pareto (1843-1923).

Este es un ejemplo de un diagrama de Pareto el cual en la fila Como nos indica el impacto que tiene ese problema con respecto a todos los demás. La línea nos indica el porcentaje acumulado.

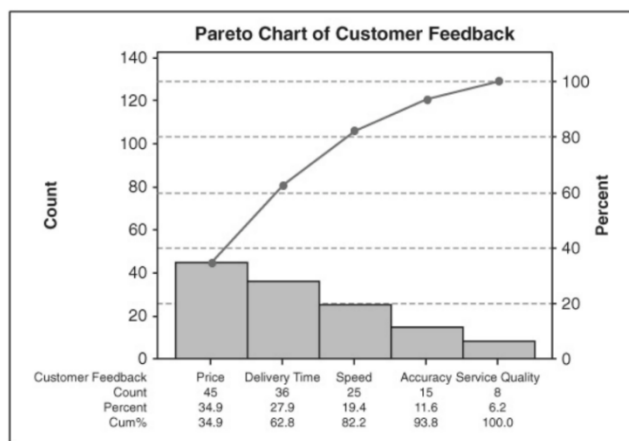


Fig. 19: Ejemplo gráfica de Pareto (Shaffie & Shahbazi, 2012, p. 47)

Diagrama causa y efecto (Ishikawa)

El uso tradicional del diagrama de causa y efecto (también conocido como diagrama de pescado o diagrama de Ishikawa) forma parte de un análisis donde el tronco representa el problema investigado y cada rama del tronco una categoría de causas potenciales, todo esto con el objetivo de lograr el estado deseado en el problema inicial. Como se muestra en la siguiente figura 20:

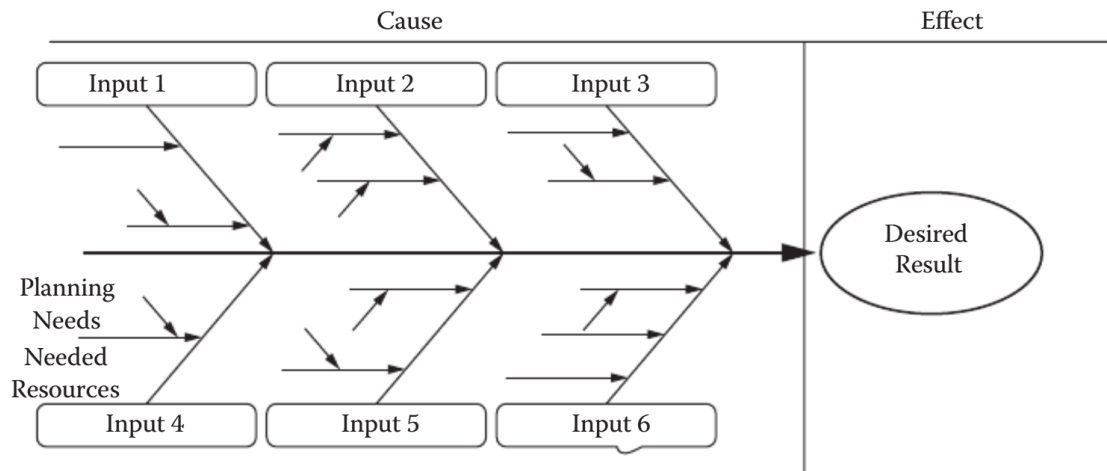


Fig. 20: Plantilla diagrama de causa y efecto. (Imai, 2012, p. 25)

Las subramas de primer nivel de cada rama son los recursos necesarios y las subramas de segundo nivel representan las necesidades de planificación o acción para adquirir cada recurso. Las ramas del tronco generalmente se dividen en las 6M que son los grupos de causas que agrupan la mayoría de los problemas los cuales son: método, mano de obra, máquinas, material, mediciones, medio ambiente. Entre sus beneficios esta que permite encontrar la causa raíz de un problema, mantiene la iniciativa de todos los involucrados y ayuda a clasificar los problemas para la mejor solución de este.

Árbol Causal (5W)

Método utilizado para buscar la causa raíz de un problema, esta técnica se genera a través de una herramienta llamada 5W's la cual consiste en preguntar 5 veces el "¿Por qué?" del problema, hasta encontrarla causa raíz del mismo. Esta técnica es comúnmente utilizada para explicar de forma visual por qué se produjo un incidente ya que revela el conjunto de causas de un problema.

Esta herramienta gráfica y estructurada te permite desmenuzar un problema principal en sus diferentes causas directas y a su vez identificar las causas de esas causas. Nos permitirá visualizar la relación "causa-efecto" de los distintos posibles factores que contribuyen a la creación de un problema.

Causal Tree Tool

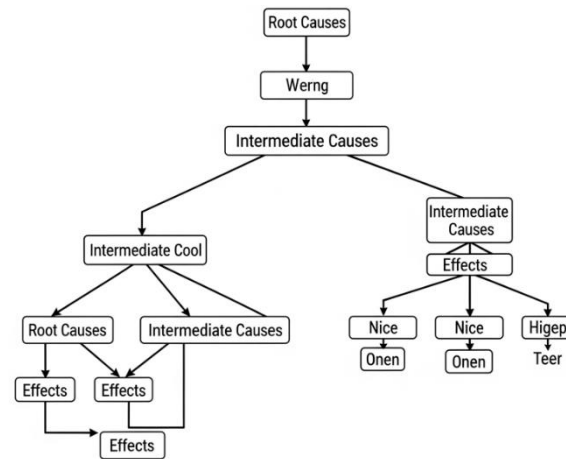


Fig. 21: Ejemplo árbol Causal (Elaboración propia con ayuda de inteligencia artificial, 2025)

Análisis de tendencias

Para evaluar la direccionalidad sistemática de una variable a lo largo del tiempo, existe el análisis de tendencia el cual permite identificar patrones lineales o no lineales que indican desviaciones a lo largo del proceso. Este procedimiento es esencial para detectar relaciones o comportamientos estacionales a lo largo de un periodo de tiempo para así implementar acciones de mejora.

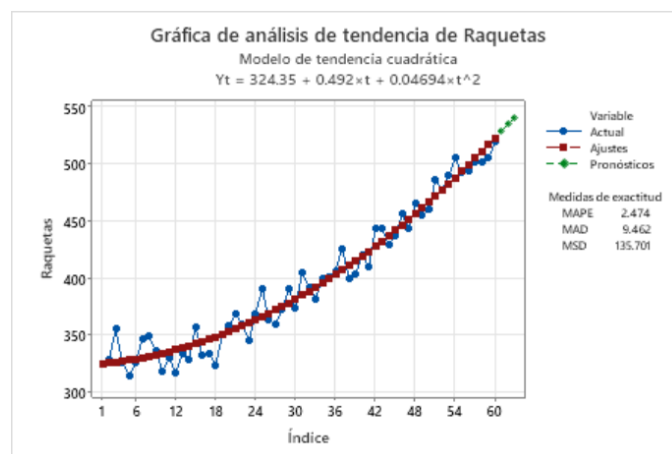


Fig. 22: Minitab. (2025). Ejemplo de análisis de tendencia. Recuperado de Minitab Support: soporte de Minitab.

Objetivos SMART

Esta herramienta ayuda a asegurarnos que nuestras metas sean efectivas para la organización, ésta es altamente utilizada en la gestión de proyectos y planificación estratégica para la formulación de objetivos medibles, precisos y alcanzables, el nombre proviene de los siguientes acrónimos:

S - Specific: Aquí es donde el objetivo debe estar claramente definido por las personas participantes.

M – Measurable: En este espacio el objetivo debe tener un punto de partida y un punto a alcanzar por lo que deberá incluir datos cualitativos que midan en progreso.

A – Achievable: Sustenta las capacidades, recursos y tiempo disponibles, considerando las restricciones de nuestro entorno.

R – Relevant: El objetivo debe ser relevante con las metas generales del proyecto por lo que en este punto se alinearan estos dos conceptos.

T – Time: Se deberá contar con un tiempo delimitado por lo que aquí se especificará cuándo se volverá a evaluar el objetivo, asegurándonos así de que se haya cumplido.

Esta metodología a pesar de no ser una herramienta estadística será de gran ayuda para estructurar este proyecto formulando un análisis conceptual de lo propuesto y garantizando el avance del estudio.

Quick wins

La priorización de los proyectos basada en una metodología para poder jerarquizar y seleccionar proyectos, considerando el valor que éstos le aporten tanto a la organización como en valor agregado al cliente es fundamental para el éxito de cualquier compañía. Para poder facilitar cierta elección se usará la Matriz de priorización de proyectos la cual integrará criterios de evaluación previamente definidos y ponderados según su impacto en los objetivos establecidos para la

organización. Esta clase de priorización se incorpora habitualmente en las gestiones de los proyectos.

Generalmente tenemos 4 tipos de proyectos en los cuales trabajar:

Quick wins: Éstos serán los mejores proyectos que puede tener la empresa ya que son los más rentables con el mínimo esfuerzo aplicado.

Major projects: El tiempo es el peor enemigo de estos proyectos ya que, aunque los beneficios son atractivos e importantes demandarán muchos recursos.

Hard Slogs: Este tipo de proyectos no vale mucho la pena ejecutar hacer ya que, aunque probablemente no demanden recursos los beneficios no serán esbeltos.

Fill Ins: Son proyectos que no se recomiendan hacer, o hacerlo cuando se tiene tiempo libre, aunque generalmente no están alineados al 100% con tus objetivos reales.

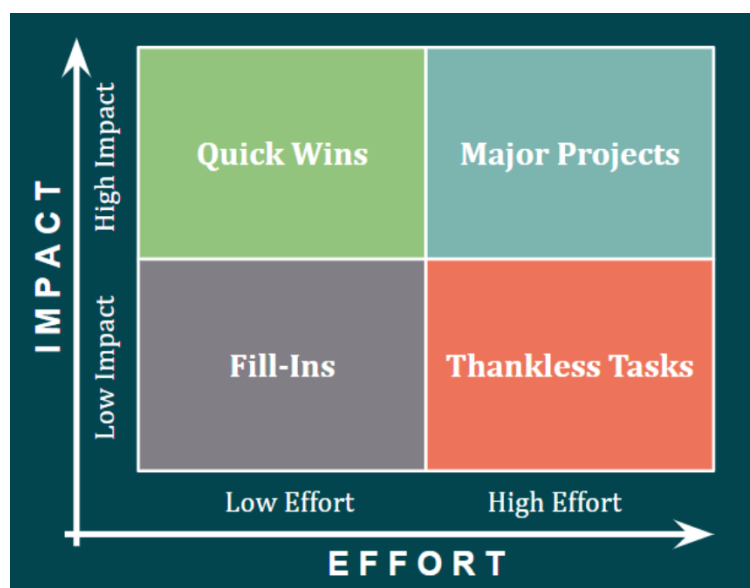


Fig. 23: Quick Wins (Gulamali, *The Effort Matrix*, 2017, p. 27)

Plan de acción

Este documento nos presentara de forma estructurada todos los procedimientos y recursos que se movilizarán para la ejecución de lo que se pudiera llegar a

manifiestar durante el proyecto. Este es un plan de acción de un proyecto el cual especificará acciones, actividades y tareas en caso de que algo no salga como lo planeado, teniendo así un plan A, B o C, esto con el fin de maximizar la eficiencia en la realización de los proyectos.

En este plan de acción se presentarán las posibles fallas junto con sus actividades a realizar, se presentarán roles, tareas y recursos.

Recurriremos a esta documentación cuando ocurre una desviación, falla, paro de línea o en una posible oportunidad de mejora, con esto claro, entenderemos que su frecuencia de uso será temporal hasta la eliminación del problema o el logro de un cambio correcto el cual es el resultado que se espera con esta Plan de Acción.

Esta figura muestra resumidamente, la especificación de las actividades y tareas correspondientes a hacer con sus respectivos responsables.

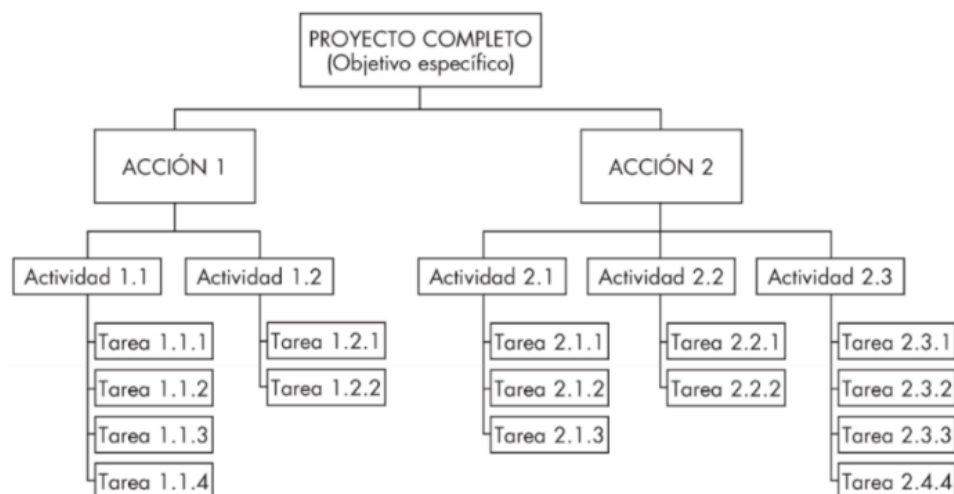


Fig. 24: Plan de acción. (Barbosa & de Moura, p100)

Plan de control

Para la gestión de proyectos controlar data de dar seguimiento a lo que se tiene propuesto hacer. Se trata de revisar constantemente si lo que se está ejecutando la de acuerdo con lo que se tenía planeado, y si algo no está del todo correcto o claro analizar los posibles cambios, soluciones y si es necesario, corregir el camino. De igual manera el control incluye la constante aplicación de la planificación lo cual implica revisar, evaluar y detallar el plan mientras transcurre el proyecto.

Este tipo de documentación se usará durante la producción normal para asegurar la estabilidad, la frecuencia de éste será permanente y rutinaria ya que su objetivo es mantener la solidez en los procesos, de igual manera en resultado que se esperarí sería que nuestra operación sea estable y predecible.

Las 5 fases de vida de un proyecto:

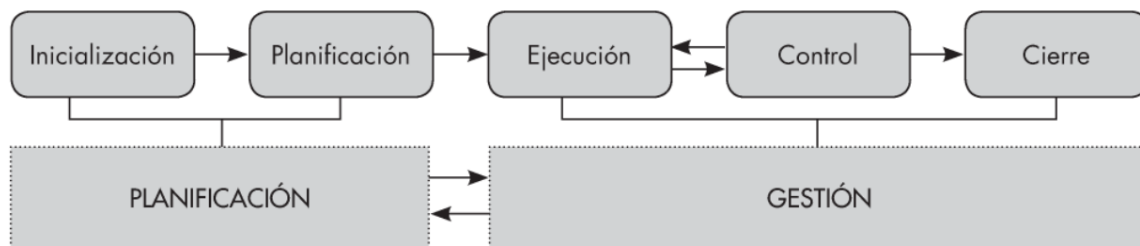


Fig. 25: Cinco fases de un proyecto ((Barbosa & de Moura, p. 37)

A3

Este es un documento que resume de manera estructurada un problema en una sola hoja, incorporando información contextual, análisis de causas raíz, posibles soluciones y planes de acción. Su nombre proviene del tamaño de papel A3. Esta forma de presentación compacta lo convierte en una herramienta eficaz para la identificación y análisis de causas fundamentales. En este enfoque Lean, busca limitar el proceso de resolución de problemas en una sola página favoreciendo al máximo un pensamiento claro, enfocado y metódico, lo que a su vez se traduce como una mejora toma de decisiones y la implementación de soluciones sostenibles.

En la siguiente imagen se ilustrará un ejemplo de un template de cómo se vería un A3, sin embargo, cabe aclarar que hoy en día hay cientos si no es que miles diferentes de templates, los cuales se ajustarán a las necesidades de cada persona y de cada empresa en específico.

 Project Leader: name Project Objective: goal		Project: name		Date: mm/dd/yy														
Objectives		Major Tasks	Project Completed By: name												Owner/Priority			
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
A																		
B																		
C																		
D																		
E																		
		# People working on the project																
Objectives Major Tasks Target Dates Costs Summary and Forecast		Month 01	Month 02	Month 03	Month 04	Month 05	Month 06	Month 07	Month 08	Month 09	Month 10	Month 11	Month 12	Owner	Owner	Owner	Owner	
		Capital	Expenses	Other														

Cultura organizacional en Lean Six Sigma

La cultura y la educación son la clave para cambiar nuestro país, esta frase no fue sacada de algún libro, sin embargo, muchas personas infravaloran la cultura en nuestra sociedad y no entienden el cambio que se puede producir con ella y aún con más fuerza en las empresas.

La mayoría de las iniciativas de mejora Lean se atribuyen a la cultura organizacional. La cultura en una empresa encapsula principios, normas, convenciones visibles e invisibles de sus empleados y sus acciones, teniendo el concepto de que la cultura en una empresa es “el conjunto de valores, creencias orientadoras y formas de pensar compartidas por los miembros de una organización y enseñadas a los miembros como correctas”. Es indispensable que una organización que implemente la metodología Lean desarrolle en conjunto de una cultura favorable para su apropiada gestión.

La cultura organizacional impacta directamente en el rendimiento de cualquier empresa ya que influye en el comportamiento de los individuos. Este factor es fundamental para determinar si el proyecto será aceptado o rechazado por la gente dentro de la organización

Para cambiar las actitudes y valores en una empresa es necesario modificar el comportamiento. Un término de gran valor es el capital humano el cual indica que para que las empresas aspiren al éxito no recurrir a enfoques tradicionales de disciplina y administración personal, en su lugar tomar estrategias de gestión de capital humano, ya que de esta manera cambiarían el enfoque a algo más intangible, pero con mucho mayor valor como lo es las habilidades, competencias y la creatividad.

Como ya entendimos la cultura impacta directamente en los comportamientos individuales y este es un factor clave para la aceptación o rechazo de algún proyecto, idea o proceso nuevo dentro de cualquier organización. Este sistema fue establecido desde el Toyota Production System alrededor de los años de 1988.

La relación que existe entre Lean y la gestión de recursos humanos es muy obvia, es por ello que al aplicar sus principios fundamentales se crean herramientas de gran valor como PDCA, la cual impulsan al máximo éstas gestiones para su mayor beneficio.

Metodología DMAIC

Esta metodología es la principal con la cual se basa Lean Six Sigma y sus proyectos en la cual definiremos el alcance de éste. Cada una tiene un objetivo en específico y sus definiciones son las siguientes:

- Define: (Definir oportunidades) Establecer el problema, los objetivos del proyecto a realizar y expectativas del cliente. Se debe de asegurar que los involucrados tengan la noción del objetivo a seguir.
- Measure: (Medir la acción) En esta fase queremos recolectar la mayor cantidad de datos posibles del proceso en curso para entender su

comportamiento, y establecer una base con la que eventualmente se producirán mejoras.

- **Analysis:** (Analizar oportunidades) El objetivo aquí es analizar los datos recolectados en la fase anterior pudiendo así identificar la causa raíz de los problemas y las oportunidades de mejora en el proceso. En este punto es donde se usará todo el análisis estadístico a nuestro favor para encontrar las relaciones significativas que nos lleven a una mejora.
- **Improve:** (Mejorar la acción) Una vez analizados todos los posibles problemas buscaremos desarrollar e implementar nuevas soluciones desde la causa raíz y no únicamente a nivel superficial, el objetivo es que optimizar el proceso para alcanzar el rendimiento deseado y sostenible.
- **Control:** (Controlar la acción): Controlar el proceso nos asegura que las mejoras implementadas puedan ser sostenibles. Aquí se busca establecer mecanismos de monitoreo los cuales nos garantizarán que el proceso se encuentra bajo control y que los beneficios que se han obtenido no se perderán a lo largo del tiempo.

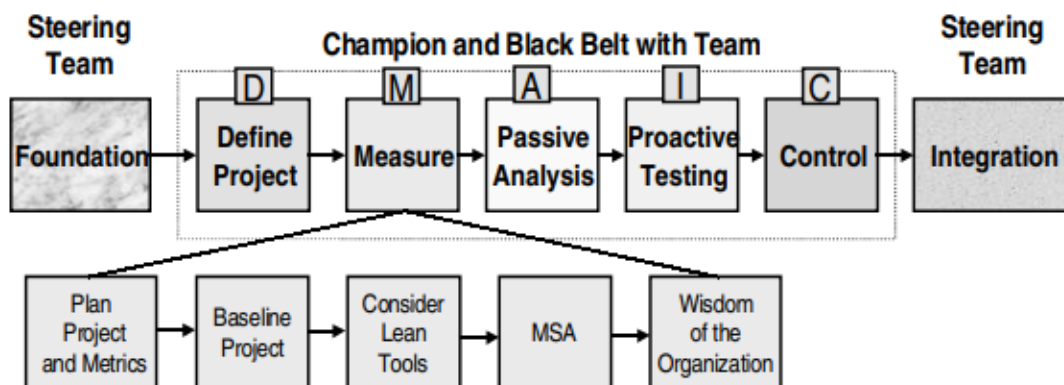


Fig. 27: Imagen metodología DMAIC (Forest W. p 85)

Metodología PDCA

Esta metodología es muy importante sin embargo podríamos decir que está un peldaño por debajo de DMAIC porque DMAIC planea desde lo macro y PDCA

planea desde algo más específico en el cual busca optimizar los procesos mediante la ejecución y ajustes para consolidar la mejora continua, enseguida explicamos porque:

- Plan (Planear): Este primer paso estudiaremos el propósito de nuestro dilema, es importante analizar los objetivos a alcanzar, analizar la situación y preparar nuestro plan de acción para ponerlo en marcha
- Do (Hacer): Aquí el objetivo es ejecutar las propuestas antes dadas que conlleva principalmente las propuestas de mejora, implementación de cambios, la capacitación de los colaboradores y la recolección de datos.
- Check (Verificar): Aquí se monitorean las propuestas llevadas a cabo, se analizan las áreas de oportunidad y se comparan los avances obtenidos en comparación con lo ya esperado en el plan de acción. Conforme a ello se realizan los ajustes pertinentes
- Act (Actuar): En esta fase lo que buscamos es hacer efectivo todo lo antes estudiado por parte de todos los involucrados. Ya una vez con los ajustes pertinentes mediante la utilización de acciones correctivas y la estandarización de mejoras, simplemente se mantiene la mejora continua.



Fig. 28: Imagen metodología PDCA (Planificación avanzada de la calidad del producto, 2012)

Estado actual del proyecto

Definir

Project charter

Para el arranque del proyecto realizaremos el project charter para dar inicio al proyecto el cual se explica a detalle lo más importante:

PROJECT CHARTER

INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO	GERENTE DE PROYECTO	PATROCINADOR DEL PROYECTO
MEJORA EN EL PROCESO DE LAS BATAS CON CARÁCTER TECNICO POR MEDIO DE LA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA	Emilio Ferrao Ortiz	
CORREO ELECTRÓNICO	TELÉFONO	UNIDAD(ES) ORGANIZATIVA(S)
CINTURONES VERDES ASIGNADOS	FECHA PREVISTA DE INICIO	FECHA PREVISTA DE FINALIZACIÓN
Emilio Ferrao Ortiz	10 de Abril del 2025	15 de Agosto del 2025

VISIÓN GENERAL DEL PROYECTO

PROBLEMA O PROBLEMA	El proceso de elaboración de batas tecnicas con carácter tecnico presenta alta variabilidad y niveles inaceptables de errores y de calificaciones fuera del parametro esperado. Comprometiendo así la satisfacción del cliente final y la eficiencia operativa de la compañía.
PROPÓSITO DEL PROYECTO	Trabajaremos con las herramientas Lean Six Sigma, para poder mejorar el enfoque de la empresa a todos los niveles, consiguiendo así una restructuración de los procesos con el fin de disminuir los errores y elevar las calificaciones de los operadores hacia un un objetivo meta.
CASO DE NEGOCIO	La empresa de textil hace batas empresariales de carácter tecnico enfocadas principalmente en su calidad por lo que el enfoque de la empresa es la "excelencia" en sus productos.
OBJETIVOS / MÉTRICAS	Reducir la frecuencia de errores que se afecta directamente en el desempeño individual de los operarios con el fin de optimizar las PPM el cual tomaremos como metrico principal dentro de este proyecto.
ENTREGABLES ESPERADOS	Se debera entregar una serie de docuemntos (herramientas) las cuales sustentaran las conclusiones acordadas y las propuestas, algunos de ellos seran: 3W y 2H, Diagrama de pezcado, Grafica de pareto, Graficos de control, Arbol Causal, plan de control, etc.

ALCANCE DEL PROYECTO

DENTRO DEL ALCANCE	Los ingenieros y operadores que estan en la empresa se buscara asesorarlos para poder mejorar su penasiemnto critica, logica y lo mas importante la cultura de trabajo, logrando una mejor amenidad.
FUERA DEL ALCANCE	No podremos disponer de cantidades suficientes economicas,por lo que limitara algunos posibles cambios de maquinaria, proveedores, etc.

CALENDARIO TENTATIVO

HITO CLAVE	EMPEZAR	TERMINAR
Project Charter	10/04/2025	14/04/2025
Recolección de infomación y conocimiento de la empresa.	15/04/2025	25/04/2025
Definición y evaluación de los problemas.	28/04/2025	08/05/2025
Análisis tecnico de los problemas.	09/05/2025	23/05/2025
Aplicación de propuestas de mejora.	26/05/2025	23/06/2023
Ajustar las propuestas de mejora.	24/06/202	03/07/2025
Control de las propuestas de mejora	04/07/2025	11/07/2025
Informe de resumen del proyecto.	14/07/2025	15/07/2025

RECURSOS

RECURSOS DE SOPORTE	Minitab, Excel, herramientas Lean y Six Sigma, lo mas importante acceso a información de trabajo.
---------------------	---

BENEFICIOS Y CLIENTES

PRINCIPALES PARTES INTERESADAS	Dirección de operaciones, jefes de producción, supervisores ya que al tener la implementación de Lean Six Sigma naturalmente tendra una reducción en sus costos y aumento en la calidad por lo que se buscara explotar al maximo estas herramientas.
CLIENTE FINAL	El cliente final resivira el mejor servicio al cliente por lo que representara un cumplimiento en la normativa y estandarización, mejor protección, durabilidad y resistecia.
BENEFICIOS ESPERADOS	La implementación de estas herramientas nos permitan desmenuzar y con cluir en los problemas que mayor impactan a la empresa de manera negativa, una vez obtenido esto se buscara replantear el plan de la empresa para encontrar las áreas de mejora. Creemos que el beneficio esperado sera la reducción de un 40% el retrabajo.

PREPARADO POR	TÍTULO	FECHA
Emilio Ferrao Ortiz	MEJORA EN EL PROCESO DE LAS BATAS CON CARÁCTER TECNICO POR MEDIO DE LA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA	5 de Abril 2025

Mediación del nivel actual y potencial de errores por proceso

Línea Base: Promedio del proceso.

Línea base=15.71

Desempeño potencial operativo alcanzable: (Suma de los mejores 20% de calificaciones) ÷ (Cantidad de personas que representan ese 20%)

Desempeño potencial operativo alcanzable: = 0/9 = 0

Oportunidad= Línea base– Desempeño potencial operativo alcanzable:

Oportunidad = 15.71 - 0 = 15.71 errores

Objetivo meta = Línea base – (Línea base – Desempeño potencial operativo alcanzable) × 0.70

Objetivo meta= 15.71 – (15.71 – 0) x 0.70

Objetivo meta = 15.71 – 15.71 x 0.70

Objetivo meta = 15.71 – 10.997

Objetivo meta = 4.713 Errores por proceso

Esto significa una **reducción en los errores promedio por operación de 15.71 a 8 como primera meta alcanzable a corto plazo**, pudiendo así:

- Permitir mejoras antes de escalar.
- Estandarizar las mejoras propuestas antes de realizar aún más mejoras.

Acercándose al objetivo a largo plazo de 4.72 errores por operación.

Este sería nuestro métrico en el que basaremos nuestro PPM, será el más importante y en el que mantendremos la base para este proyecto.

Mediación del nivel actual y potencial del proceso en calificaciones por operador

Línea Base: Promedio del proceso.

Línea base=98.51

Desempeño potencial operativo alcanzable: (Suma de los mejores 20% de calificaciones) ÷ (Cantidad de personas que representan ese 20%)

Desempeño potencial operativo alcanzable: = $2,400/24 = 100\%$

Oportunidad= Desempeño potencial operativo alcanzable: – Línea base

Oportunidad = $100\% - 98.51\% = 1.49\%$

Objetivo meta = línea base + (Desempeño potencial operativo alcanzable - línea base) x 0.70

Objetivo meta = $98.51\% + (100.00\% - 98.51\%) \times 0.70$

Objetivo meta = $98.54\% + (1.49\%) \times 0.70$

Objetivo meta = $98.54\% + 1.043\%$

Objetivo meta= $98.51 + .74$

Objetivo meta = 99.553 % calificación por operador.

Esto significa que **Incrementó en la calificación promedio del personal del 98.51% al 99.0% como primer meta alcanzar a corto plazo**, pudiendo así:

- Realizar una proximidad realista de acuerdo con la línea base.
- Reducir la presión del cambio brusco

Acercándose al objetivo a largo plazo del 99.55%.

Objetivo por PPM

Este objetivo sería nuestro métrico principal para términos prácticos del experimento.

$$\text{PPM ACTUAL} = \frac{\text{Total de piezas rechazadas}}{\text{Total de piezas revisadas}} \times 1,000,000 = \frac{613}{60,766} \times 1,000,000 =$$

10,088 PPM

Ahora tomando en cuenta que nuestro métrico en el que nos enfocaremos va a ser el de: **Mediación del nivel actual y Potencial de Errores por proceso**, ya que a éste le daremos el enfoque principal, y teniendo en cuenta que nuestro objetivo a mediano plazo será de 8 errores por proceso y no 15.71 como es el actual, ahora nuestra meta será:

Objetivo meta PPM:

Errores actuales = 613

Errores meta= Errores x #Procesos = 8 x 39 = 312

$$\begin{aligned} \text{Errores meta por PPM} &= \frac{\text{Total de piezas rechazadas (meta)}}{\text{Total de piezas revisadas}} \times 1,000,000 = \frac{312}{60,766} \times \\ 1,000,000 &= \mathbf{5,140 \text{ PPM (meta a mediano plazo)}} \end{aligned}$$

Porcentaje de reducción:

Reducción lograda = PPM actual – PPM meta = 10,088 – 5,140

= 4,948 PPM sería la reducción esperada

$$\% \text{ de mejora} = \frac{4,984}{10,088} \times 100 = \mathbf{49\% \text{ de reducción esperada a mediano plazo.}}$$

Ahora presentaremos los errores meta y el porcentaje a reducir a largo plazo (4.72 errores por proceso):

Objetivo meta PPM:

Errores actuales = 613

Errores meta= Errores x #Procesos = 4.72 x 39 = 184

$$\text{Errores meta por PPM} = \frac{\text{Total de piezas rechazadas (meta)}}{\text{Total de piezas revisadas}} \times 1,000,000 = \frac{184}{60,766} \times 1,000,000 = \mathbf{3,029 \text{ PPM (meta a largo plazo)}}$$

Porcentaje de reducción:

$$\text{Reducción lograda} = \text{PPM actual} - \text{PPM meta} = 10,088 - 3,029$$

= 7,059 PPM seria la reducción esperada.

$$\% \text{ de mejora} = \frac{7,059}{10,088} \times 100 = \mathbf{69.96\% \text{ de reducción esperada a largo plazo.}}$$

5W y 2 H

5W Y 2 H	
Líder: EMILIO FERRAO ORTIZ Proyecto: VIROLINE COMPANY Sponsor: Área: ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD Fecha: 5 de Junio 2025	
What ¿Qué /Cuál es el problema específico que afecta el desempeño del negocio?	El nivel de desempeño para la elaboración de batas con carácter técnico es deficiente, se ha decrecido la calidad de producto por consecuencia los retrabajos y la eficiencia operativa.
Who ¿Quién es el cliente Interno o Externo más afectado por el problema	Cliente interno: Dirección de calidad y producción. Cliente externo: Comprador final.
Why Identifica los requerimientos críticos del cliente en términos de Calidad, Entrega y Costo asociados con el problema	El nivel actual de defectos está afectando negativamente la satisfacción del cliente, que por otra parte genera reprocesos y aumenta los costos operativos.
Why Nombra el métrico del negocio asociado con el problema	Son dos métricas las que están impactando el problema: ·Retrabajo Operadores. ·Errores por operación. Que a su vez termina impactando en nuestro principal métrico que es el PPM
Where ¿En dónde ocurre el problema (localización geográfica o en el proceso)?	En el área de proceso de producción (Operaciones) donde se contabilizan las calificaciones y se registran los errores.
When ¿En dónde fue observado por primera vez el problema? (especifica mes/año)?	Una vez que los reprocesos van en aumento se establece la inferencia de que lo se va por el camino correcto, por lo que se ha detectado el problema desde inicios del 2025.
How Much? ¿Cuál es la magnitud del problema en términos de tu métrico de negocio seleccionado?	El desempeño actual representa una diferencia significativa con respecto a la meta del proceso, con calificaciones por debajo de su nivel esperado y errores superiores a lo presupuestado, lo cual impactará directamente en nuestro métrico principal el cual es PPM
How ¿Cómo sabes que es un problema? ¿Qué objetivos no se están cumpliendo?	Es un problema porque el desempeño actual está por debajo del nivel considerado aceptable para el proceso. No se están cumpliendo con los objetivos de calidad definidos como meta en calificación por operador tanto en reducción de errores.
Escribe la descripción del problema en forma de enunciado, puedes usar el siguiente formato como guía: <When>, <What>, <Where>, <How much>, <How do you know>	El desempeño técnico en la elaboración de batas ha resultado insuficiente, lo que ha provocado una disminución en la calidad del producto, generando un incremento en los retrabajos y afectando directamente la eficiencia operativa. Este problema impacta tanto al cliente interno, conformado por las áreas de calidad y producción, como al cliente externo, representado por el comprador final. El nivel actual de defectos compromete la satisfacción del cliente, ya que genera reprocesos innecesarios y eleva los costos operativos del proceso. Las métricas más afectadas son los errores por operación y el retrabajo por operador, las cuales inciden directamente en el indicador principal del sistema el cual es PPM. La problemática se concentra en el área de producción, donde se evalúan las calificaciones y se registran los errores de ejecución. El incremento constante de retrabajos permitió detectar el desvío desde inicios de 2025, momento en que comenzaron a evidenciarse desviaciones respecto a la meta de calidad establecida. Estas desviaciones, tanto en calificación como en cantidad de errores, reflejan un desempeño inferior al esperado, lo cual impide cumplir con los objetivos del proceso y deteriora la capacidad general medida por el índice PPM

Medir

Hoja de verificación

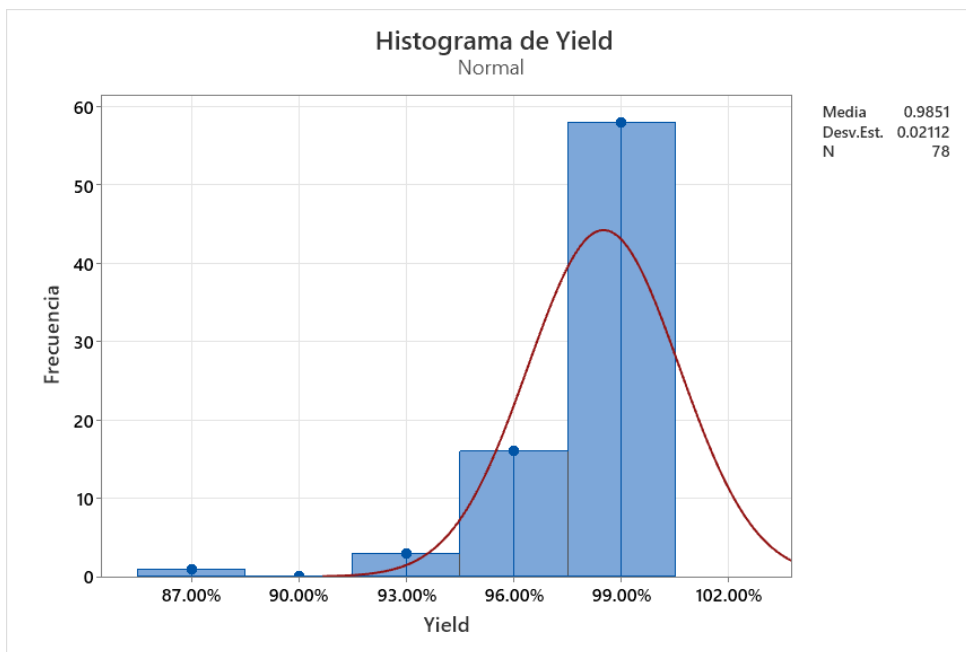
	NOMBRE	OPERACIÓN	OPERACIÓN2	TOTAL DE RECHA	TOTAL DE REVISAS	YIELD
1	Rosa Ángela Morales Duarte	COMODIN	COMODIN	22	377	94.16%
2	Alicia De León Vitela	COMODIN	COMODIN	13	284	95.42%
3	Defensa Cecilia Aguilar Jiménez	COMODIN	COMODIN	10	397	97.48%
4	Teodora De La Torre Martínez	COMODIN	COMODIN	1	730	99.86%
5	María De Jesús Ponce Rivera	COMODIN	COMODIN	10	278	96.40%
6	Sonia Teresa Garabito Vázquez	COMODIN	COMODIN	5	337	98.52%
7	RAQUEL MENDOZA CAVEZ	COMODIN	COMODIN	22	455	95.16%
8	Aleida Fernanda Sandoval Torres	VISTA DE PUÑO	VISTA DE PUÑO	0	930	100.00%
9	Berenice Jiménez Veliz	REFILAR Y VOLTEAR PUÑO	REFILAR Y VOLTEAR PUÑO	1	786	99.87%
10	Claudia Pérez Partida	HORMADO DE CUELLO	HORMADO DE CUELLO	0	1090	100.00%
11	Anabel Villareal Castañeda	PESPUNTE DE PUÑO	PESPUNTE DE PUÑO	1	940	99.89%
12	Lilia Alejandra Cayetano Pérez	PICO DE ALETILLA DE MANGA	PICO DE ALETILLA DE MANGA	13	790	98.35%
13	María Teresa Mandujano Arroyo	VISTA DE PIE DE CUELLO	VISTA DE PIE DE CUELLO	2	940	99.79%
14	Marisol Aldana Calderón	CERRADO DE PUÑO	CERRADO DE PUÑO	4	1280	99.69%
15	Martha Alejandra Serrano Luna	MONTADO DE CUELLO	MONTADO DE CUELLO	0	1030	100.00%
16	Nancy Fabiola Ramirez Contreras	PESPUNTE DE CUELLO	PESPUNTE DE CUELLO	0	1030	100.00%
17	Norma Alejandra Ponce Ramirez	PICO DE ALETILLA DE MANGA	PICO DE ALETILLA DE MANGA	0	1040	100.00%
18	Silvia Martinez Valdivia	CERRADO DE CUELLO	CERRADO DE CUELLO	6	1040	99.42%
19	CARLOS ALBERTO BELTRAN HERNANDEZ	Ojal	OJAL	16	1030	98.45%
20	ADRIANA GABRIELA GALLARDO LARA	Vista de pie de cuello y puño	VISTA DE PIE DE CUELLO Y PUÑO	0	1010	100.00%
21	CRISTOBAL ALBERTO LOPEZ SANCHEZ	Pespunte del cuello y puño	PESPUNTE DEL CUELLO Y PUÑO	11	1030	98.93%
22	VERONICA ALATORRE ALTAMIRANO	Asiento de cuello	ASIENTO DE CUELLO	0	1030	100.00%
23	PRECIADO RODRIGUEZ CLAUDIA ALONDRA	Pespunte del cuello y puño	PESPUNTE DEL CUELLO Y PUÑO	11	1245	99.12%
24	BRENDA LIZETH HERNANDEZ SANDOVAL	Cerrado de Puño	CERRADO DE PUÑO	1	1030	99.90%
25	Beatriz Adriana Soto Garabito	SOBRECOSIDO DE MANGA	SOBRECOSIDO DE MANGA	4	970	99.59%
26	Lili Esparza Casillas	PEGADO DE ETIQUETA	PEGADO DE ETIQUETA	2	1030	99.81%
27	María Guadalupe Piña Preza	PEGADO DE ETIQUETA	PEGADO DE ETIQUETA	2	1040	99.81%
28	Andrea Elizeth Fuentes García	PEGADO DE BATA	PEGADO DE BATA	0	976	100.00%
29	Blanca Estela Serrano	REFILAR DELANTERO	REFILAR DELANTERO	0	1030	100.00%
30	Noemi Sarai Ramirez	PLANCHAR DELANTERO	PLANCHAR DELANTERO	0	1030	100.00%
31	Lilian Bravo Caldera	OJAL DELANTERO Y PUÑO	OJAL DELANTERO Y PUÑO	2	1032	99.81%
32	Alejandra Berenice Sandoval García	PEGADO DE BATA	PEGADO DE BATA	0	1030	100.00%
33	Mónica De La Torre Navarro	PESPUNTE DELANTERO OJAL	PESPUNTE DELANTERO OJAL	1	1030	99.90%
34	Rosa Sofia Gutiérrez Santa	HORMAR BOLSA	HORMAR BOLSA	0	1012	100.00%
35	Mónica Lizeth Sevillano Ruiz	PESPUNTE DELANTERO BOTON	PESPUNTE DELANTERO BOTON	1	1040	99.90%
36	Yuridia Fernanda Romero Rojas	Pegado de bata	PEGADO DE BATA	0	1030	100.00%
37	GEORGINA ELIZABETH SANTOS ALCOCER	Pegado de etiqueta	PEGADO DE ETIQUETA	0	1030	100.00%
38	VERONICA PATRICIA GARCIA ALCAZAR	Ojal	OJAL	0	1030	100.00%
39	IRENE MENDEZ JIMENEZ	Refilar delanteros	REFILAR DELANTEROS	1	1030	99.90%
40	Melissa Flores Gómez	SOBRECOSIDO DE PUÑO	SOBRECOSIDO DE PUÑO	33	1013	96.74%
41	María Elizabeth Guerrero Gaucín	Dobladillo	DOBLADILLO	24	1023	97.65%
42	Patricia López Ramirez	SOBRECOSIDO DE CUELLO	SOBRECOSIDO DE CUELLO	8	1020	99.22%
43	LUCIA TADEO RODRIGUEZ	Pegado de manga	PEGADO DE MANGA	7	1020	99.31%
44	Adriana Valdivia Martinez	SOBRECOSIDO DE MANGA	SOBRECOSIDO DE MANGA	2	985	99.80%
45	María Elena Parra Barboza	CERRADO DE COSTADO	CERRADO DE COSTADO	34	1035	96.71%
46	Verónica Ochoa Vázquez	PEGADO DE CUELLO	PEGADO DE CUELLO	42	1014	95.86%
47	Vanessa Cabrera Romero	PEGADO DE PUÑO	PEGADO DE PUÑO	8	1030	99.22%
48	María de Jesus Hernandez Flores	Pegado de Cuello	PEGADO DE CUELLO	37	980	96.22%
49	EDITH SULLET GARABITO GARCIA	Sobrecosido de manga	SOBRECOSIDO DE MANGA	32	880	96.36%
50	MARIA ALEGANDRA GUTIERREZ GONZALES	Pegado de Botón delantero	PEGADO DE BOTÓN DELANTERO	10	1080	99.07%
51	BERTHA ALICIA VENTURA ALONSO	Sobrecosido de manga	SOBRECOSIDO DE MANGA	20	672	97.02%
52	Montserrat De La Luz Aguayo Álvarez	SOBRECOSIDO DE CUELLO	SOBRECOSIDO DE CUELLO	20	751	97.34%
53	Yolanda Cruz Mercado	ENCUARTE	ENCUARTE	12	571	97.90%
54	MARIA DE JESUS TRUJILLO VIEYRA	Cerrado de costado	CERRADO DE COSTADO	8	660	98.79%
55	Maricruz Palafox Lugo	SOBRECOSIDO DE PUÑO	SOBRECOSIDO DE PUÑO	11	728	98.49%
56	Cynthia Berenice Briceño	PEGADO DE MANGA	PEGADO DE MANGA	0	262	100.00%
57	Gissele Olivares Sandoval	PEGAR BOTON	PEGAR BOTON	4	460	99.13%
58	María Esther Muro García	PEGADO DE PUÑO	PEGADO DE PUÑO	3	562	99.47%
59	Sandra Lizbeth Aguilar Casillas	PEGADO DE CUELLO	PEGADO DE CUELLO	17	574	97.04%
60	MARIA JANETH FALCON CORTES	Dobladillo	DOBLADILLO	7	592	98.82%
61	FATIMA JANETTE RODRIGUEZ CANIZALES	Pegado de Botón delantero	PEGADO DE BOTÓN DELANTERO	4	521	99.23%
62	MARLENE GOMEZ GAMA	Pegado de puño	PEGADO DE PUÑO	3	360	99.17%
63	VERONICA MARTINEZ FRANCISCO	Cerrado de costado	CERRADO DE COSTADO	14	404	96.53%
64	ADRIANA YAZMIN RENTERIA GARCIA	Deshebrado	DESHEBRADO	16	238	93.28%
65	Rosa María García Rivera	DESHEBRADO	DESHEBRADO	4	238	98.32%
66	MAYRA JANETH SANCHEZ SANCHEZ	Detallado	DETALLADO	9	470	98.09%
67	Cynthia Taje Ramirez	DESHEBRADO	DESHEBRADO	9	249	96.39%
68	Hilda Sánchez Cobian	DOBLADO	DOBLADO	3	511	99.41%
69	Ana Campos Pérez	DETALLADO	DETALLADO	6	1135	99.47%
70	Norma Ruth Ibarra Reyes	DOBLADO	DOBLADO	0	575	100.00%
71	Verónica Chavarín López	EMPAQUE	EMPAQUE	0	1060	100.00%
72	Mónica Liliana Ortega Alvarado	DOBLADO	DOBLADO	0	545	100.00%
73	Virginia Cortés Chavira	DETALLADO	DETALLADO	14	540	97.41%
74	ELENA KARINA DE LA TORRE NAVARRO	Detallado	DETALLADO	0	545	100.00%
75	ELIZABETH RAMIREZ GONZALEZ	Detallado	DETALLADO	0	545	100.00%
76	LAURA DOLORES MORA DÍAS	Deshebrado	DESHEBRADO	11	197	94.42%
77	KATIA JANETH GOMEZ VILLA	Deshebrado	DESHEBRADO	12	94	87.23%
78	MAJOSE MALDONADO CERVANTES	Deshebrado	DESHEBRADO	7	158	95.57%
		TOTALES:		613	60766.00	98.51%

Página | 48

Histograma del promedio de yield por operador

En este histograma lo que queremos rescatar es:

- La media de nuestro proceso es de 98.51% de asertividad por parte de los operadores.
- Con una variabilidad un poco por encima de lo esperado se esperan a tomar acciones para hacer este proceso más estable.
- La mayoría de los operadores se encuentran entre un 98.9% y un 100% en su yield, sin embargo, existen valores atípicos que representan situaciones anormales.

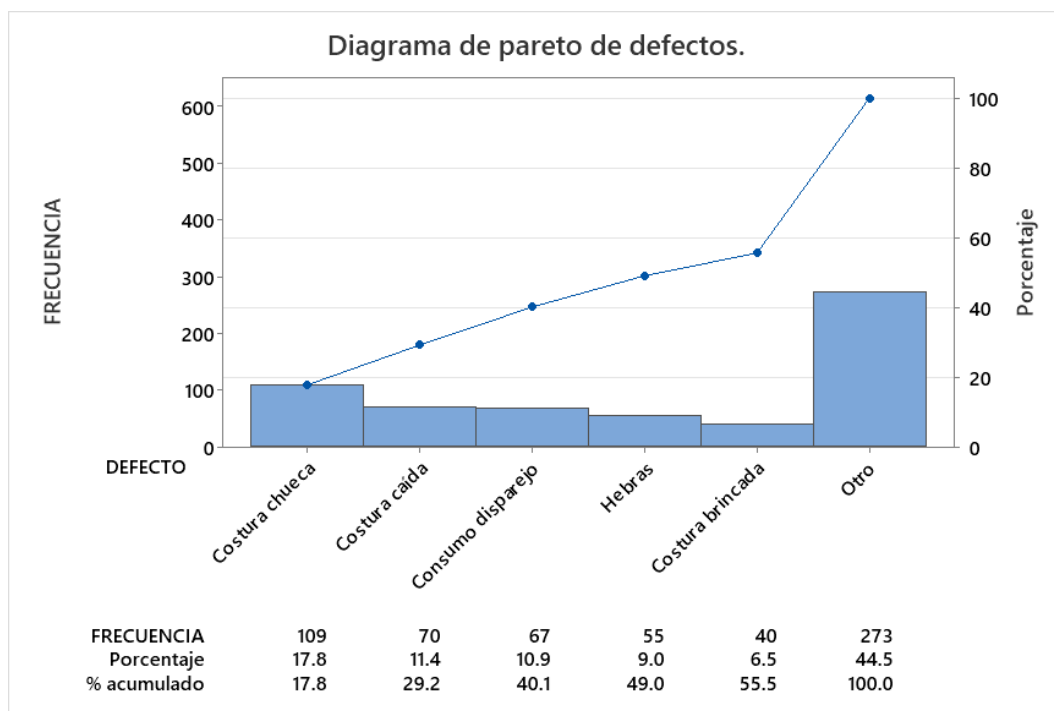


Gráfica de Pareto de primer nivel

En este Diagrama de Pareto de primer nivel analizaremos los “Top Ofenders” en este caso los defectos con mayor recurrencia durante nuestra muestra fueron:

- Costura checa
- Costura caída
- Consumo disparejo
- Hebras
- Costura brincada

Estos 5 defectos son 341 según la muestra tomada constituyen el 55% de los defectos totales.

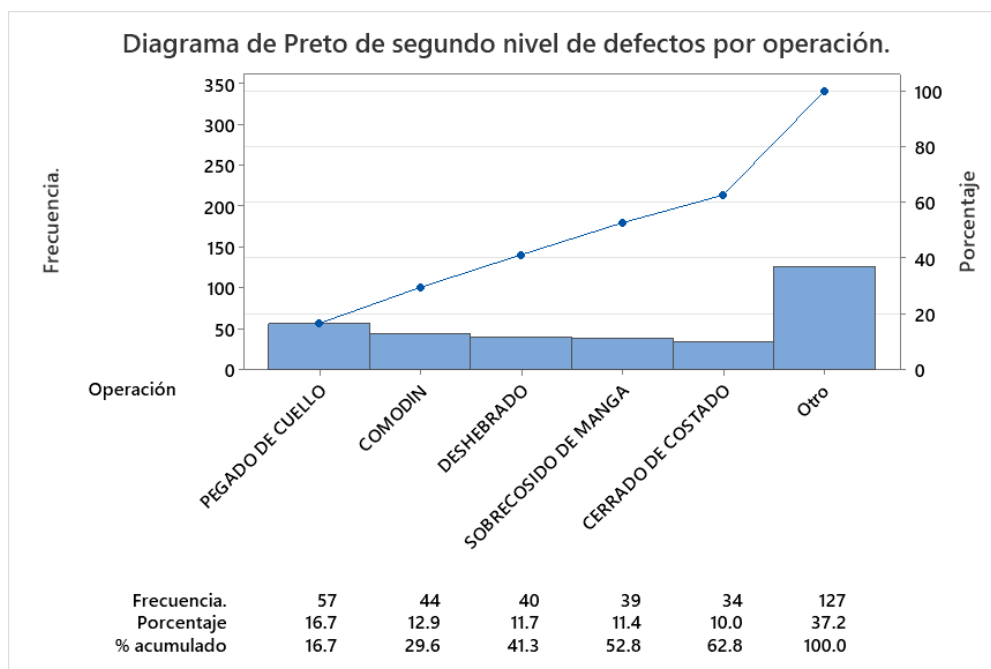


Gráfica de Pareto de segundo nivel de defectos por operación

En la siguiente imagen se muestra nuestro Pareto de segundo nivel analizando con mayor profundidad la posible causa raíz, para este análisis observamos que las operaciones más afectadas son:

- Pegado de Cuello
- Comodín
- Deshebrado
- Sobrecosido de manga

Éstas operaciones representan 180 de los errores totales y el 52% de los defectos según nuestro Pareto de segundo nivel.



Gráfica de Pareto de segundo nivel de defectos por operador

Este Pareto de segundo nivel de errores por operador representa los trabajadores con mayor recurrencia según nuestro Pareto de primer nivel los cuales son:

- Operador 46
- Operador 48
- Operador 49
- Operador 45

Éstas 4 operadoras representan el 27% constituyendo 94 defectos a partir de nuestro Pareto de primer nivel.

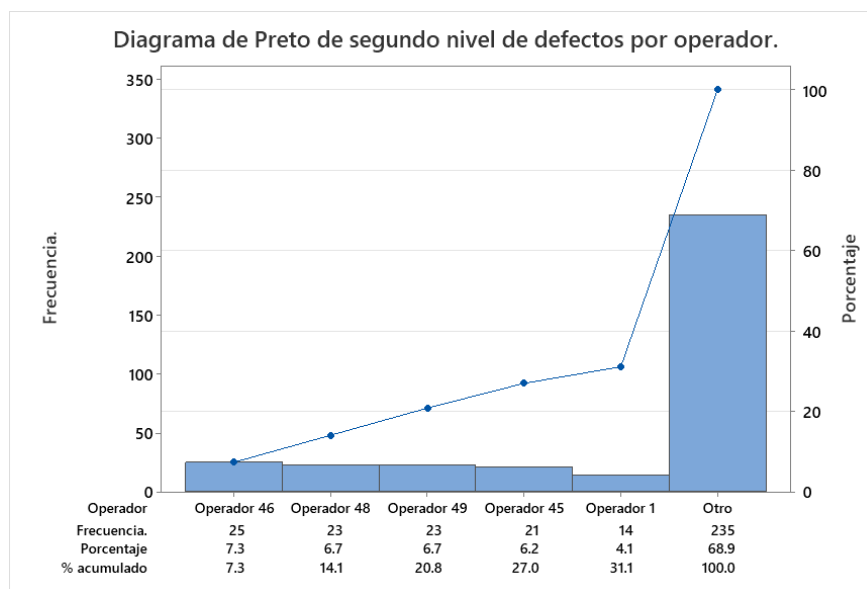
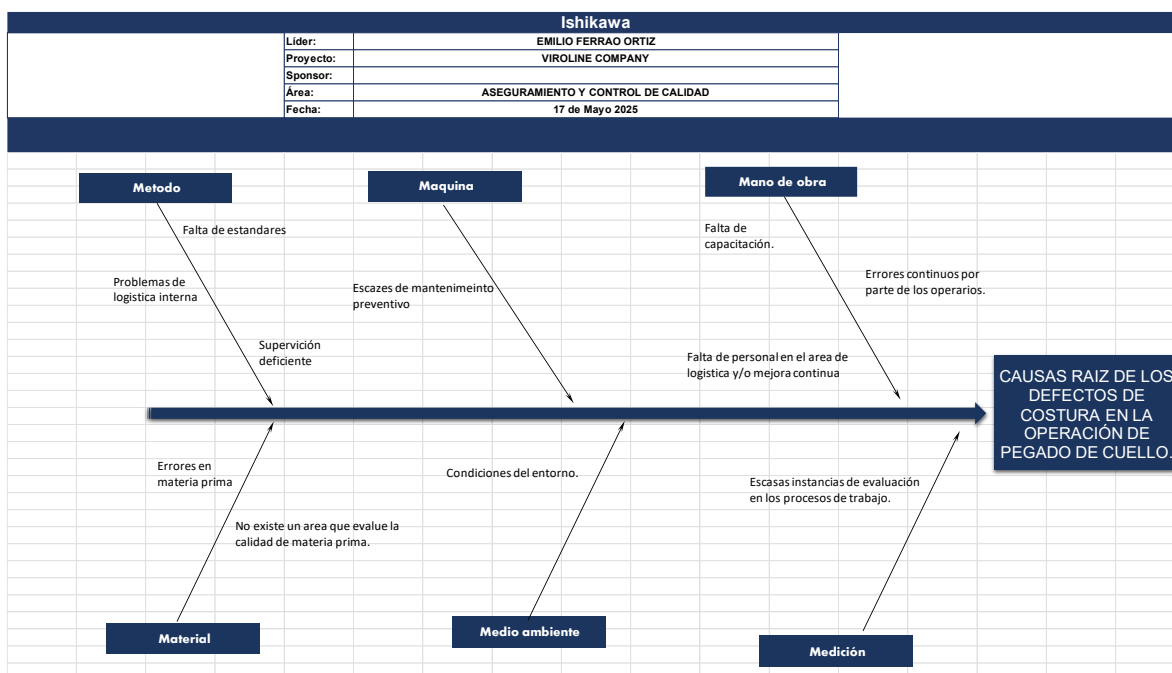


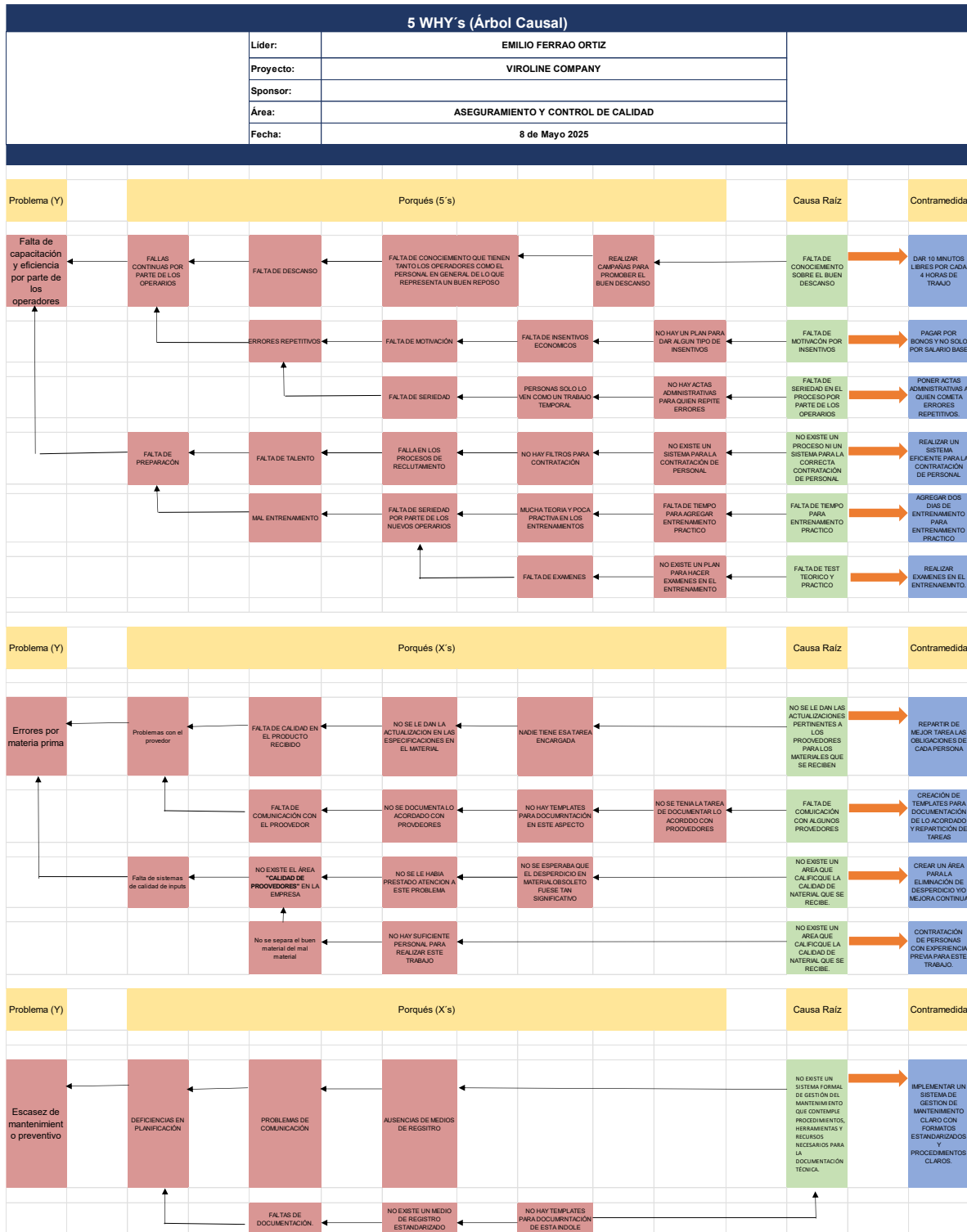
Diagrama causa y efecto. (Ishikawa)

En el siguiente diagrama de pescado se muestran las posibles causas de la recurrencia de los errores en los cuales se encuentran:



Analizar

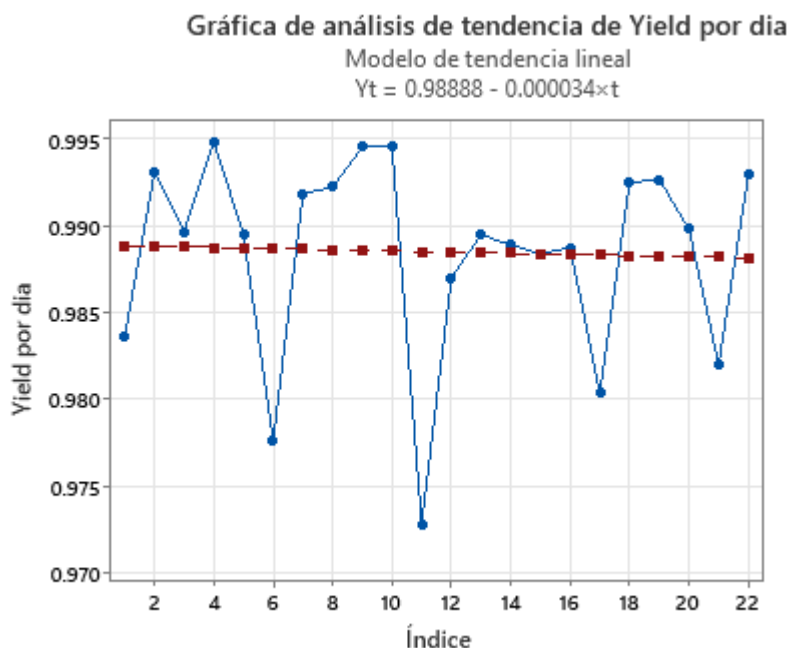
Árbol causal



Análisis de tendencia

Aquí mostramos un análisis de tendencia tomando un promedio por día de forma cronológica de los promedios de los operadores. Se puede observar en la imagen del análisis las siguientes premisas:

- .988 (98.8%) es el promedio de esta muestra diaria
- -0.000034 nos indica que es el porcentaje que el Yield baja por día por eso la pendiente negativa de la línea roja.
- Existe una alta variación en el Yield por día
- Existe un riesgo de que si no se toman acciones correctivas se corre el riesgo de seguir disminuyendo el Yield lo que impactaría directamente a todo el sistema operativo.



Implementaciones

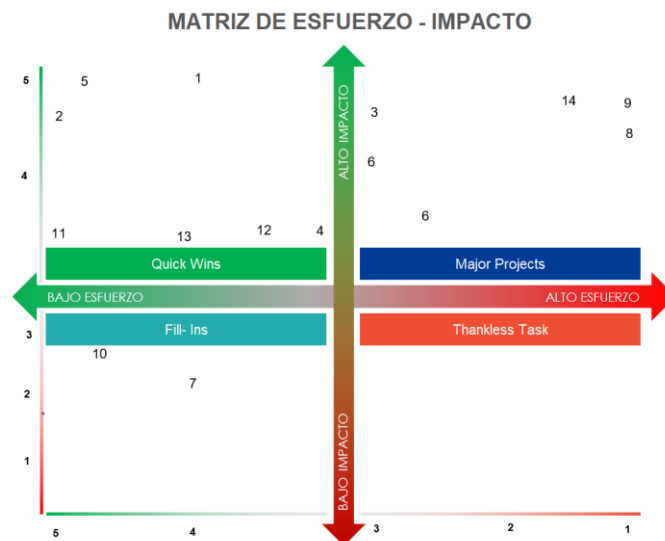
Mejorar

Objetivos SMART

OBJETIVOS SMART								
				Líder:	EMILIO FERRAO ORTIZ			
				Proyecto:	VIROLINE COMPANY			
				Área:	ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE			
				Fecha:	10 de Junio 2025			
S	Specific	Disminuir los indices de desperdicios a travez de las herramientas lean para que la empresa pueda tener mayores beneficios economicos.						
M	Measurable	Un mejor indice de calidad, un menor indicador de retrabajos y una baja continua en los costos de no calidad es una señal de que vamos en un muy buen camino, nuestra meta sera reducir un 45% los PPM.						
A	Attainable	Es alcanzable ya que existe un area de oportunidad muy grande la cual si se tienen las buenas acciones se veran repercutidas en la disminución de los errores						
R	Realistic	Al implementarse herramientas Lean se tendran todas las aptitududes y condiciones para poner en matcha este proyecto.						
T	Timely	El objetivo es que en 100 dias se puedan llegar a las condiciones optimas para poder obtener el mayor beneficio.						

Quick wins

1. Diseñar e implementar un programa de capacitación teórico práctico para nuevos y actuales operadores.
2. Crear y aplicar un examen práctico como filtro antes de contratar algún personal
3. Bitácora de mantenimiento de maquinas
4. Evaluar y proponer esquemas de incentivos económicos vinculados al desempeño
5. estandarizar procesos de recepción de materia prima.
6. Crear un sistema interno de seguimiento de errores por operador.
7. implementar rúbricas de evaluación para auditar procesos críticos de forma mensual
8. reestructurar el proceso de contratación
9. reestructurar procesos en los sistemas.
10. crear un manual simplificado de buenas prácticas
11. Aplicar encuestas de ambiente laboral para detectar factores de motivación o desmotivación.
12. Proponer actas administrativas a quien recurra con el incumplimiento de las medidas de mejora
13. 13. Creación de templates para repartir responsabilidades
14. Creación permanente de un área de mejora continua.



Plan de acción

Los Quick wins Identificados en la fase anterior se integrarán a este plan de acción como primeras actividades a ejecutar, asegurando su seguimiento y sostenibilidad.

PLAN DE ACCIÓN						
		Lider:	EMILIO FERRAO ORTIZ			
		Proyecto:	VIROLINE COMPANY			
		Área:	ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD			
		Fecha:	23 de Junio 2025			
¿Por qué? ¿Para qué?		¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Cuánto?	¿Cómo?
CC	Oportunidad	Acción	Responsable	Fecha	Avance (%)	Observaciones
1	Elevar el desempeño operativo	Capacitaciones técnicas, teoricas y practicas para operadores actuales y nuevos.	Calidad / Producción	30 días desde el día de hoy		En elaboración del programa de capacitación.
2	Mejora en los filtros de contratación	Poner estandares mas altos al momento de contratación en todas las áreas pero especialmente en la de operaciones.	Recursos humanos	10 días desde el día de hoy		Diseño de estandarres y examen en proceso.
3	Evitar errores desde la materia prima	Estandarizar procesos en la recepción de materiales.	Calidad / Compras	50 días desde el día de hoy		Se requiere validación de criterios con proveedor
4	Replanteo de metricos	Revisar el "porque" de los metricos, ya que podrian sufrir modificaciones para una mejora continua.	Calidad	40 días desde el día de hoy		Revisión de posibles metricos y metas a alcanzar por operador
5	Bitacora para el mantenimiento de maquinas	Tener un control sobre cuando hacer un mantienimeinto correctivo y preventivo que puedan eviar posibles paros de linea o retrabajos.	Área de mantenimiento	15 días desde el día de hoy		Diseño de sistema para la vitacora del mantenimiento preventivo
6	Dar seguimiento personalizado a errores	Implementar sistema de seguimiento por operador	Ingeniería / Calidad	10 días desde el día de hoy		N/A
7	Revisar el proceso logistico fuera de la linea de producción	Replanteamiento de todo el proceso logistico fuera de la linea de producción para encontrar posiles áreas de oportunidad.	Área logistica	50 días desde el día de hoy		Se propondra en la junta directiva
8	Documentación de propuestas de mejora y resultados	Es importante tener documentados todos los movimientos y operaciones llevadas a cabo.	Todos	Cuando aplique		Creación de us sistma de mejora a largo plazo mediante las documentaciones pertinentes.

Control

Plan de control

El objetivo de este plan de control es poder mantener las mejoras propuestas a largo plazo y garantizar la estabilidad y repetitividad del proceso mediante la definición clara de controles en cada proceso.

PLAN DE CONTROL

Fecha:	12 de Julio 2025	Revisión:	
Producto/Servicio:	Batas Viroline		
Proceso:	VIROLINE COMPANY		

Proceso				Proceso de medición				Muestreo			Toma de decisiones	
Objetivo	¿Qué está controlado?	¿Parámetro crítico?	¿Entrada o Salida?	Límites de Espec./ Requerimientos	Método de medición	Lugar de medición	Método Control	Tamaño de muestra	Frec.	¿Quién/Qué hace la medición?	¿Dónde se almacena?	Regla de Decisión/Acción correctiva
Calidad de los operadores	Calidad operadores	Yield semanal y mensual	Salida	Aseguramos que la mala calidad no provengan de los proveedores.	Yield, pareto, pruebas de hipótesis, DPO, SIPOC.	Operaciones	5's, Poka Yoke, auditorías.	61379.00	Diaria	Calidad	Almacen	Tomar medidas como actas administrativas para garantizar la calidad.
Obtener Calidad proveedores	Calidad proveedores	Yield semanal y mensual	Entrada	Aseguramos que la mala calidad no provengan de los operadores.	Yield, pareto, pruebas de hipótesis, DPO, SIPOC.	Operaciones	JIT, Kanban para cadena de suministro	61379.00	Diaria	Calidad	Almacen	Tomar acciones como penalizaciones a esos proveedores que no tienen la calidad requeridas
Conseguir mejorar logística en producción	Logística de producción	Costos operativos y financieros.	Salida	Conseguir áreas de oportunidad dentro de la línea de producción para reducir el costo de producción es la mejor manera de medir este objetivo	Mapeo de procesos, pruebas de normalidad, diagramas de ishikawa	Operaciones	Flujo Continuo, Poka Yoke, Automatizacón.	N/A	Mensual	Logística	Almacen	Aplicar las herramientas lean para su mejora y replanteamiento.
Conseguir tener logística fuera de producción	Logística de producción	Costos operativos y financieros.	Entrada	Conseguir áreas de oportunidad para reducir el costo fuera del área de producción es la mejor manera de medir este objetivo	DMAIC, Arbol causal, VSM.	Mejores condiciones de calidad y economicos con proveedores	VSM, SMART, KANBAN	N/A	Mensual	Logística	Contratos.	Aplicar las herramientas lean para su mejora y replanteamiento.
Lograr bitacora de mantenimiento	Mantenimiento	Utilización de maquinaria y recursos.	Salida	Aseguramos que la mala calidad no provengan de los instrumentos como maquinas y maquinarias	DMAIC, DPO, Ishikawa.	Bitacora de mantenimiento	TPM, Control Bisual, SMED, OEE.	N/A	Diario	Mantenimiento	Bitacora	Mantener una muy constante organización, y atención de parte del área de mantenimiento.
Mejorar precios y calidad con proveedores	Calidad	Cumplimiento de especificaciones y normativo.	Entrada	Morajar las condiciones obtenidas por parte de los proveedores	SMART, PLAN DE ACCION	Contratos nuevos.	Supplier Development, Evaluación y Scorecard de proveedores.	N/A	Mensual	Finanzas	Contratos.	Negociar las mejores condiciones posibles economicas y de calidad con los proveedores de mayor impacto.
Documentar lo acordado con proveedor	Documentación	Especificaciones del producto, condiciones de precios y garantías.	Salida	Morajar las condiciones obtenidas por parte de los proveedores	SMART, PLAN DE ACCION	Bitacoras de documentación.	Supplier Development, Evaluación y Scorecard de proveedores.	N/A	Mensual	Todos	Contratos.	Aplicar las herramientas de documentación Lean.
Documentación de resultados	Mejora continua	Satisfacción interna y cumplimiento de resultados.	Salida	Si se tiene un ambiente de mejora continua, es una buena señal de documentación de resultados.	Muestreos, histogramas, graficos de control	Bitacoras de documentación.	A3, PDCA, SMART	N/A	Mensual	Todos	Bitacora de documentación	Aplicar las herramientas de documentación Lean.

A3

Esta es la herramienta visual que nos ayudara a observar todo el resumen de la documentación antes propuesta para este proyecto asegurando la alineación del proyecto a todas las áreas correspondientes, garantizando su éxito a mediano y largo plazo.

TITULO: PROYECTO DE MEJORA PARA LAS BATAS DE CARACTER TECNICO	
Coach	EMILIO FERRAO ORTIZ
Equipo	
Area	ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

1. ANTECEDENTES : ¿Por qué estamos hablando de este problema? Porque nuestra empresa fabricante de batatécnicas enfrentan altos niveles de defectos, retrabajos y variabilidad en los procesos los cuales generan costos innecesarios de producción. El problema afecta directamente a nuestro cliente final y financieramente a la empresa.	5. MEJORA PROPUESTA : ¿Cuál es la propuesta para alcanzar el estado deseado? La aplicación de la metodología DMAIC sera clave para el éxito de este proyecto el cual se espera: -Capacitación y evaluación de operadores. -Bitacoras de mantenimiento preventivo. -Incentivos alineados al desempeño junto con cultura de mejora continua. Estandarización de procesos críticos y control de materia prima ¿Cómo afectan tus medidas propuestas la causa raíz para alcanzar los objetivos? La capacitación y estandarización reduciran la variabilidad Los indicadores permitirán la toma de decisiones basada en datos evitando errores. La implementación de incentivos y cultura Lean fomentaran la disciplina y la sostenibilidad de nuestro proyecto.
2. SITUACIÓN ACTUAL : ¿Cómo estamos hoy en día? Nuestro proceso al día de hoy presenta falta de estandarización en procesos críticos, exceso de retrabajos y baja eficiencia operativa. ¿Cuál es el problema? La alta variabilidad en los procesos, falta de estandarización, exceso de retrabajos y una falta de sistemas de calidad como lo es Lean six sigma generan costos elevados de producción, inconformidad de los clientes los cuales tienen impacto en la utilidad de la empresa.	6. PLAN (BENEFICIOS ESPERADOS Y RECURSOS) : ¿Qué actividades serán requeridas para la implementación y quien será responsable de qué y cuándo? Corto plazo: Capacitación, manual de buenas practicas, seguimiento de errores. Mediano plazo: Auditorias mensuales, incentivos por desempeño, bitacoras de mantenimiento. Largo plazo: Consolidar un área de mejora continua. ¿Cuáles son los indicadores de desempeño o progreso? PPM (Partes por millon) Porcentaje de retrabajos y desperdicios. Cumplimiento de entregas en tiempo y forma Eficiencia del operador.
3. METAS Y OBJETIVOS [Y] : ¿Qué resultados específicos se requieren? Reducir el desperdicio en al menos un 20% en los proximos 70 dias. Alcanzar una reducción de defectos en un 45% a mediano plazo y un 60% a largo plazo. Establece una meta u objetivo claro para la situación. Optimizar el proceso de producción de las batas tecnicas de caracter tecnico mediante la implementación de la metodología lean six sigma junto con la metodología DMAIC, reduciendo la variabilidad y los defectos para asegurar la competitividad de la empresa en el mercado.	7. SEGUIMIENTO [CONTROL] : ¿Qué problemas pueden ser anticipados? Resistencia al cambio por parte del personal. Limitaciones de tiempo para implementar todas las fases. Falta de inversión para controles más sofisticados. Dificultad de sostener la disciplina en el largo plazo. Capturar y compartir lo aprendido. Se ha aprendido a utilizar las herramientas de Lean tomadas en Yellow belt y Green Belt, pensamiento crítico y mentalidad de mejora continua. De igual manera se aprende a manejar minitab pero tambien a exponensiar mis habilidades en excel. Tambien se han adquirido habilidades blandas como la adaptación al cambio, resiliencia, atención a los detalles y creatividad.
4. ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ [x] : ¿Cuál es la causa raíz del problema? Tenemos diferentes causas raices desde diferentes áreas las cuales son. -Área logística: Mal planteamiento de la cadena logística dentro y fuera de la empresa al igual que la errónea elección de proveedores. -Área de operaciones: Defectos constantes en los procesos este departamento. -Recursos Humanos: Baja calidad en los filtros de contratación. -Calidad: Bajos niveles de calidad de las batas, muchos retrabajos y pocos beneficios economicos. Selecciona la herramienta más simple para que muestre claramente la causa raíz del problema. Se utilizaran principalmente 3 herramientas para encontrar la causa raíz del problema, las cuales son: -Diagrama de pareto. -Diagrama de pescado. -5W -Histograma -Plan de Acción. -Plan de acción.	

Conclusiones

La implementación de la metodología Lean Six Sigma permitió identificar los principales desperdicios en la empresa textil dedicada a la fabricación de batas técnicas de igual manera nos ayudó a observar la variabilidad que existe junto con los defectos que afectaban la calidad del producto. Mediante la metodología de DMAIC se lograron establecer metas claras mediante la disminución de errores y una propuesta que puede alcanzar un 45% menor de desperdicio en PPM a mediano plazo y un 60% menos de desperdicio de PPM a largo plazo.

Es importante establecer y aclarar que esta propuesta no cuenta con resultados de la fase de la implementación real del proyecto ya que como se mencionó antes, esta es una propuesta la cual no se tiene información si se llevó a ejecución real, pero ello no minimiza el valor de la solidez del diagnóstico y la propuesta viable ya que por el contrario sólo se evidencia el potencial impacto positivo que tendría la metodología en los indicadores de calidad.

Con esto dicho se buscan desarrollar acciones eficientes y de alto impacto como la estandarización de procesos, Cambio de la cultura organizacional, esquema de incentivos, programas de capacitación y programas que promuevan la mejora continua ya que todo esto en conjunto nos ayudará para poder alcanzar las metas propuestas. Los resultados proyectados no sólo nos ayudarán a disminuir los desperdicios sino también nos ayudarán a la competitividad de la empresa en el mercado, pero lo más importante nos ayudarán a validar la aplicación del sistema Lean Six Sigma en el sector textil a nivel ingenieril demostrando así la adaptabilidad de la metodología en diferentes contextos de alta exigencias específicamente en el sector textil.

Esta tesis no sólo aporta una propuesta práctica, también invita a la reflexión sobre los desafíos de la gestión en contextos reales.

Referencias bibliográficas

- Socconini, L. (2021). *Lean six sigma management: Learn the methodology that is changing the way organizations of the future are being designed*. Argen Books.
<https://elibro.bibliotecabuap.elogim.com/es/ereader/bibliotecasbuap/198578>
- Socconini, L. (2024). *Lean manufacturing: Step by step* (2.^a ed.). Marge Books.
<https://elibro.bibliotecabuap.elogim.com/es/lc/bibliotecasbuap/titulos/260274>
- Chen, T.-C. T., & Wang, Y.-C. (2022). *Artificial intelligence and lean manufacturing*. Springer.
<https://springerlink.bibliotecabuap.elogim.com/book/10.1007/978-3-031-04583-7>
- Díaz, J. R., & García, J. L. (2022). *Best practices in lean manufacturing: A relational analysis*.
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2010). *Control estadístico de calidad y Seis Sigma* (2.^a ed.). McGraw-Hill.
- Wilson, L. (2015). *How to implement lean manufacturing* (2nd ed.). McGraw-Hill Education.
- Voehl, F., Harrington, H. J., Mignosa, C., & Charron, R. (2013). *The lean six sigma black belt handbook*. Productivity Press.
<https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/the-lean-six/9781466554696/>
- Iswanto, A. H. (2021). *Organizational change through lean methodologies: A guide for successful implementation*. CRC Press.
https://researchs.bibliotecabuap.elogim.com/c/4by2bf/ebook-viewer/pdf/5fjzfmyjvj/section/lp_Cover-2
- De Mast, J., Kemper, B., Does, R. J. M. M., Mandjes, M., & van der Bijl, Y. (2022). *Operational excellence with lean six sigma*. Van Haren Publishing.
<https://dgb->

buap.primo.exlibrisgroup.com/view/action/uresolver.do?operation=resolveService&package_service_id=3186592590008991

- George, M. (2020). *Lean six sigma en la era de la inteligencia artificial: Cómo aprovechar el poder de la cuarta revolución industrial*. McGraw-Hill.
<https://elibro.bibliotecabuap.elogim.com/es/lc/bibliotecasbuap/titulos/189588>
- George, M. O. (2010). *The lean six sigma guide to doing more with less: Cut costs, reduce waste, and lower your overhead*. John Wiley & Sons.
<https://elibro.bibliotecabuap.elogim.com/es/ereader/buapenglish/178900>
- Martin, K., & Osterling, M. (2014). *Value stream mapping: How to visualize work and align leadership for organizational transformation*. McGraw-Hill.
<https://tkmg.com/wp-content/files/VSM-Ch-1.pdf>
- Harry, M. J. (2022). *Value stream mapping: Path to perfect organization through practical lean*. D. M. C. P. Dissanayake.
<http://www.lib.pdn.ac.lk/resources/assets/ebooks/Value%20Stream%20Mapping-ISBN%20978-624-95332-0-2-DMCP%20Dissanayake.pdf>
- Kaltenecker, S., & Leopold, K. (2015). *Kanban change leadership: Creating a culture of continuous improvement*. Wiley.
<https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/kanban-change-leadership/9781119019725/cover.xhtml>
- Imai, M. (2021). *Strategic kaizen: Using flow, synchronization and leveling [FSL] assessment to measure and strengthen operational performance*. McGraw-Hill.
- Uribe Gómez, J. A. (2021). *Fundamentos de control estadístico de procesos para gestores y administradores tecnológicos*. Instituto Tecnológico Metropolitano.
<https://elibro.bibliotecabuap.elogim.com/es/ereader/bibliotecasbuap/188150>
- Peña Yáñez, M. Á. (2013). *El proceso de mediación, capacidad y habilidades del mediador*. Dykinson.
<https://elibro.bibliotecabuap.elogim.com/es/ereader/bibliotecasbuap/57059>
- Russell, L. (2015). *Project management for trainers* (2nd ed.). Association for Talent Development.

<https://researchs.bibliotecabuap.elogim.com/c/4by2bf/ebook-viewer/epub/gsgkijtir/section/cvi>

- Holt, P. (2022). *Leading lean by living lean: Changing how you lead, not who you are*. Productivity Press.
<https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/leading-lean-by/9781000615517/html/ch01.xhtml>
- Shaffie, S., & Shahbazi, S. (2012). *Lean six sigma*. McGraw-Hill.
<https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/the-mcgraw-hill-36-hour/9780071743853/cover.html>
- Minitab. (2025). *Overview for normal capability sixpack*.
<https://support.minitab.com/en-us/minitab/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-sixpack/normal-capability-sixpack/before-you-start/overview/>
- Iswanto, A. H. (2020). *The lean enterprise: Tools for developing leadership in a lean culture*. Productivity Press.
<https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/the-lean-enterprise/9781000208498/xhtml/cover.xhtml>
- Protzman, C., Whiton, F., & Kerpchar, J. (2023). *Sustaining lean: Creating a culture of continuous improvement*. Routledge.
<https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/sustaining-lean/9781000783490/xhtml/cover.xhtml>
- Bhasin, S. (2015). *Lean management beyond manufacturing: A holistic approach*. Springer.
- Gupta, B. C., Guttman, I., & Jayalath, K. (2020). *Statistics and probability with applications for engineers and scientists using Minitab, R and JMP* (2nd ed.). Wiley.
<https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/statistics-and-probability/9781119516637/cover.xhtml>
- Zhan, W., & Ding, X. (2016). *Lean six sigma and statistical tools for engineers and engineering managers*. Momentum Press.

<https://ebSCO.bibliotecabuap.elogim.com/login.aspx?AN=1094002&direct=true&site=ehost-live&db=e000xww&scope=site>

- Barsalou, M. A., & Smith, J. (2018). *Applied statistics manual: A guide to improving and sustaining quality with Minitab*. Quality Press.
<https://ebSCO.bibliotecabuap.elogim.com/login.aspx?AN=2529759&direct=true&site=ehost-live&db=e000xww&scope=site>
- Fernandes Barbosa, E., & Guimarães de Moura. (2013). *Elaboración del plan de control y evaluación del proyecto*. Narcea.
<https://elibro.bibliotecabuap.elogim.com/es/ereader/bibliotecasbuap/46139>
- Minitab. (s. f.). *Comprensión de las gráficas de control*.
<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/supporting-topics/basics/understanding-control-charts/>
- Williams, H., & Duray, R. (2017). *Making IT lean: Applying lean practices to the work of IT*. Productivity Press.
<https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/making-it-lean/9781439876039/chapter-01.html>
- Kliem, R. L. (2016). *Managing lean projects*. Taylor & Francis.
https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/managing-lean-projects/9781482251838/K23844_C000f.xhtml
- Vanzant Stern, T. (2024). *Lean six sigma: International standards and global guidelines* (3rd ed.). Routledge.
<https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/lean-six-sigma/9781003821441/ch8.xhtml>
- Okes, D. (2017). *Musings on internal quality audits: Having a greater impact*. Quality Press.
<https://ebSCO.bibliotecabuap.elogim.com/login.aspx?AN=2529768&direct=true&site=ehost-live&db=e000xww&scope=site>
- Yalaoui, A., Amodeo, L., & Yalaoui, F. (2012). *Optimization of logistics*. Wiley.
<https://elibro.bibliotecabuap.elogim.com/es/ereader/buapenglish/178654>

- Southehal, P. (2023). *Data quality*. Wiley.
<https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/data-quality/9781394165230>
- De Giovanni, P. (2021). *Dynamic quality models and games in digital supply chains: How digital transformation impacts supply chain quality management*. Springer.
- Benbow, D. W. (2021). *Mistakes in quality statistics and how to fix them*. American Society for Quality (ASQ).
<https://ebsco.bibliotecabuap.elogim.com/login.aspx?AN=3508479&direct=true&site=ehost-live&db=e000xww&scope=site>
- Tang, H. (2022). *Quality planning and assurance: Principles, approaches, and methods for product and service development*. Wiley.
<https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/quality-planning-and/9781119819271/cover.xhtml>
- Yang, K. (2023). *Quality in the era of industry 4.0: Integrating tradition and innovation in the age of data and AI*. Wiley.
<https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/quality-in-the/9781119932444/cover.xhtml>
- Levine, D. M. (2006). *Statistics for six sigma green belts with Minitab® and JMP*. Pearson Education.
https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/statistics-for-six/0132291959/0132291959_ch09lev1sec3.html
- Minitab. (s. f.). *Resultados clave para análisis de tendencias*.
<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/statistical-modeling/time-series/how-to/trend-analysis/interpret-the-results/key-results/>
- Martin, J. W. (2021). *Lean six sigma for the office: Integrating customer experience for enhanced productivity* (2nd ed.). Productivity Press.
<https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/lean-six-sigma/9781000356847/html/cover.xhtml>
- Jarman, K. H. (2015). *Beyond basic statistics: Tips, tricks, and techniques every data analyst should know*. Wiley.

- Minitab. (s. f.). *Ejemplo de prueba de normalidad*.
<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/normality-test/before-you-start/example/>
- Brenig-Jones, M., & Dowdall, J. (2018). *Lean six sigma for leaders: A practical guide for leaders to transform the way they run their organisation*. Wiley.
<https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/lean-six-sigma/9781119374749/cover.xhtml>
- Sproull, B., & Hutcheson, M. (2021). *The new beginning: A business novel on how to successfully implement the combination of the theory of constraints, lean, and six sigma to drive profit margins*. Productivity Press.
https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/the-new-beginning/9781000348699/xhtml/A01_cover.xhtml
- Schonberger, R. J. (2018). *Best practices in lean six sigma process improvement: A deeper look*. Wiley-Blackwell.
- Wojslaw, D., & Adamowicz, G. (2023). *The Linux DevOps handbook: Customize and scale your Linux distributions to accelerate your DevOps workflow*. Packt Publishing.
https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/the-linux-devops/9781803245669/B18197_FM.xhtml
- Basu, R. (2022). *The green six sigma handbook: A complete guide for lean six sigma practitioners and managers*. Productivity Press.
<https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/the-green-six/9781000648003/xhtml/Cover.xhtml>
- Caudle, G. (2009). *Streamlining business requirements: The XCellR8 approach*. Management Concepts.
https://learningoreilly.bibliotecabuap.elogim.com/library/view/streamlining-business-requirements/9781567262780/OEBPS/9781567262780_epub_c08_r1.htm#c08-s03
- Ford Motor Company. (2011). *FMEA handbook* (Version 4.2) [Manual interno no publicado]. Ford Motor Company.