

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Estrategia DMAIC: un enfoque sistemático para estandarizar y controlar
los procesos productivos del hilo de poli algodón título 18 en “La
Económica”**

Melany Nicole Álvarez Lincango

Steeven Santiago Granja Iza

Erick Alejandro Trávez Moromenacho

Ingeniería Industrial

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de Ingeniería Industrial

Quito, 8 de mayo de 2025

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN

DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Estrategia DMAIC: un enfoque sistemático para estandarizar y controlar
los procesos productivos del hilo de poli algodón título 18 en “La
Económica”**

Melany Nicole Álvarez Lincango

Steeven Santiago Granja Iza

Erick Alejandro Trávez Moromenacho

Nombre del profesor, Título académico: Pablo Sebastián Burneo Arteaga, MSc.

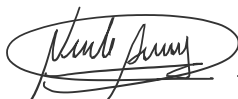
Quito, 8 de mayo de 2025

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Firma del estudiante:



Nombres y apellidos:

Melany Nicole Álvarez Lincango

Código:

00320697

Cédula de identidad:

1721040036

Lugar y fecha:

Quito, 8 de mayo de 2025

Firma del estudiante:



Nombres y apellidos:

Steeven Santiago Granja Iza

Código:

00322310

Cédula de identidad:

1725533739

Lugar y fecha:

Quito, 8 de mayo de 2025

Firma del estudiante:



Nombres y apellidos:

Erick Alejandro Trávez Moromenacho

Código:

00322163

Cédula de identidad:

1724613722

Lugar y fecha:

Quito, 28 de 04 de 2025

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

RESUMEN

En un entorno textil cada vez más competitivo y en declive, "La Económica", una fábrica especializada en hilos de mezcla poliéster-algodón, implementó una estrategia de mejora continua basada en la metodología DMAIC. El proyecto se enfocó en el hilo título 18, su producto estrella, con el objetivo de estandarizar y controlar su proceso productivo, optimizando la productividad y la calidad. Mediante un diagnóstico inicial, se identificaron deficiencias en el mantenimiento de maquinaria, prácticas de limpieza, estandarización de parámetros y capacitación del personal. Se implementaron soluciones como la metodología 5S, mantenimiento productivo total (TPM), estandarización operativa, herramientas de control visual y técnicas SMED. Estas acciones redujeron tiempos improductivos, mejoraron la calidad del hilo y fortalecieron la cultura organizacional enfocada en la mejora continua.

Palabras clave: DMAIC, hilo poliéster algodón, título 18, mejora continua, 5S, mantenimiento productivo total (TPM), SMED, control de calidad, estandarización de procesos, industria textil.

ABSTRACT

In an increasingly competitive and declining textile sector, "La Económica", a factory specialized in polyester-cotton blend yarns, implemented a continuous improvement strategy based on the DMAIC methodology. The project focused on the title 18 yarn, its top-selling product, aiming to standardize and control its production process, optimizing productivity and quality. Through an initial diagnosis, deficiencies were identified in machine maintenance, cleaning practices, parameter standardization, and staff training. Solutions such as the 5S methodology, Total Productive Maintenance (TPM), operational standardization, visual control tools, and SMED techniques were implemented. These actions reduced downtime, improved yarn quality, and strengthened the organizational culture focused on continuous improvement.

Key words: DMAIC, polyester-cotton yarn, continuous improvement, 5S, Total Productive Maintenance (TPM), SMED, quality control, process standardization, textile industry.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	8
REVISIÓN LITERARIA.....	10
JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO	11
OBJETIVOS	12
Objetivo General.....	12
Objetivos Específicos.....	12
METODOLOGÍA	12
DESARROLLO DEL PROYECTO	14
Fase Definir: Selección del producto y delimitación del problema.....	14
Fase Medir: Línea base del proceso actual	16
Fase Analizar: Identificación de causas raíz	20
Fase Implementar: Implementación de soluciones	32
Fase Controlar: Seguimiento y sostenibilidad de las mejoras	40
CONCLUSIONES	41
REFERENCIAS.....	44
ANEXO A: DEFINIR.....	47
ANEXO B: MEDIR.....	49
ANEXO C: ANALIZAR.....	50
ANEXO D: IMPLEMENTAR.....	61
ANEXO E: GLOSARIO.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formato de recolección de datos	14
Tabla 2. Tabla de mantenimiento preventivo	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tasa de producción medida en kg/h	14
Figura 2. Frecuencia de fallas por máquina	14
Figura 3. Ocupación de cada máquina	14
Figura 4. Cálculo de OEE de las máquinas	18
Figura 5. Diagrama de Pareto de Paradas no planificadas de la Carda DK803.	22
Figura 6. Diagrama de Ishikawa fallas mecánicas en la producción	22
Figura 7. Diagrama de Ishikawa fallas mecánicas en la producción	23
Figura 8. Diagrama Ishikawa excesivo tiempo de limpieza de máquinas	23
Figura 9. 5 porques de fallas mecánicas de Cardas	24
Figura 10. 5 porques excesivo tiempo de limpieza	24
Figura 11. Gráfica de capacidad del proceso de producción de Carda TC03	25
Figura 12. Gráfica de capacidad del proceso de producción de Carda DK803	25
Figura 13. Diagrama de Pareto de paradas de la máquina Enconadora	27
Figura 14. Diagrama de Ishikawa sobre el excesivo tiempo de setup	27
Figura 15. Diagrama Ishikawa sobre el excesivo tiempo de carga y descarga	28
Figura 16. Tabla de resultados de análisis USTER	30
Figura 17. Desempeño antes vs después de la implementación de DMAIC	36

INTRODUCCIÓN

En el entorno competitivo actual, las empresas manufactureras se ven obligadas a optimizar continuamente sus procesos productivos y a mantener altos estándares de calidad para sobrevivir y crecer. La industria textil, en particular, enfrenta desafíos significativos en términos de competitividad y sostenibilidad: desde 2017, este sector ha entrado en un proceso de declive, con pérdida de empleos y de cuota de mercado, lo que evidencia la urgente necesidad de estrategias que permitan mejorar la eficiencia operacional (Paredes, 2012).

“La Económica” es una fábrica textil dedicada a la producción de cinco tipos de hilo: hilo de acrílico, hilo de poliéster, hilo poliacrílico, cordón textil, e hilo de mezcla poliéster-algodón (poli algodón). Este último se produce en distintos títulos (grosor del hilo), y dentro de esta línea, el hilo poli algodón título 18, elaborado mediante la tecnología de hilado Open-End, destaca como el producto estrella por su volumen de ventas y uso comercial. Por esta razón, el presente proyecto se enfoca específicamente en el análisis y la optimización del proceso productivo de este tipo particular de hilo.

La empresa busca una ventaja competitiva reduciendo desperdicios, incrementando el rendimiento de sus máquinas, y mejorando la seguridad y el desempeño de sus operarios. Para alcanzar estos objetivos, se debe identificar oportunidades de mejora en sus procesos, garantizando productos de calidad que satisfagan la demanda del mercado y contribuyan a su sostenibilidad en el largo plazo.

REVISIÓN LITERARIA

Una revisión de la literatura muestra que aplicar metodologías de mejora continua como DMAIC son una solución efectiva para estandarizar y controlar procesos productivos en la industria textil. Estudios previos indican, que la reducción de fallas de ruptura del hilo se traduce en mejoras de calidad del producto (Monday, 2022), y que la implementación de herramientas basadas en DMAIC ayuda a estandarizar procesos clave para asegurar que el

producto final cumpla especificaciones, a la vez que mejora las condiciones de trabajo (Benavides, 2019; Gupta, 2013). Asimismo, se ha observado que las condiciones laborales y la percepción de seguridad de los trabajadores inciden directamente en su productividad (Peñaloza & Mejía, 2020), reforzando la importancia de integrar medidas de seguridad en las iniciativas de mejora.

Una revisión de la literatura muestra que aplicar metodologías de mejora continua como DMAIC estandarizan y controlan procesos productivos en la industria textil. Además, la adopción de tecnologías fortalece la trazabilidad y eficiencia, mejorando la toma de decisiones operativas (Grijalva Merino & Vallejo Espinoza, 2015).

Finalmente, la estabilidad del proceso también depende de minimizar la variabilidad en parámetros operativos; enfoques sistemáticos como DMAIC permiten comprender las causas raíz de los problemas y establecer soluciones robustas (Yepes, 2021). Asimismo, se evidencia que proyecto con esta metodología en empresas textiles también dan como resultado una reducción en costos (Albujá, & Lanas, 2019).

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

Considerando este contexto, el presente proyecto de mejora continua busca estandarizar y controlar el proceso productivo del hilo poli algodón título 18 en “La Económica” mediante la metodología DMAIC. La pregunta de investigación es: ¿Cómo la implementación de la estrategia DMAIC puede contribuir a la estandarización y control del proceso productivo del hilo de poli algodón título 18 en “La Económica”? Para responderla, se plantea la hipótesis de que la aplicación de DMAIC.

OBJETIVOS

Objetivo General

Estandarizar y establecer formatos de control para el proceso productivo *Open-End* del hilo título 18 de poli algodón en la empresa “La Económica”, con el fin de mejorar su productividad y calidad mediante la implementación de la metodología DMAIC.

Objetivos Específicos

Para alcanzar el objetivo general, se definieron los siguientes objetivos específicos:

- Diagnosticar las condiciones actuales del proceso del hilo título 18 (en términos de seguridad, mantenimiento, productividad de operadores y estándares de producción) mediante inspecciones, diagramas de proceso y herramientas Lean, para comprender la situación base.
- Determinar y controlar los parámetros operativos que afectan la calidad y la productividad en la fabricación del hilo título 18, mediante la recolección sistemática de datos y el establecimiento de indicadores clave de desempeño (KPI).
- Implementar soluciones para los problemas identificados y controlar sus efectos, de modo que se mantengan los estándares de calidad y se mejore la productividad, todo esto apoyado en herramientas de mejora continua Lean Six Sigma.

METODOLOGÍA

Se empleó la metodología DMAIC, propia de Lean Six Sigma, por tener un enfoque estructurado y comprobado para lograr mejoras significativas en procesos administrativos y productivos (Niebel, 2009). DMAIC combina estadística de Six Sigma con principios Lean orientados a la eliminación de desperdicios, permitiendo un enfoque integral de mejora (Basu, 2009; García et al., 2017). Esta metodología comprende cinco fases desarrolladas

secuencialmente: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. En la fase Definir se establece con claridad el problema a resolver, el alcance del proyecto y los objetivos de mejora; además, se selecciona el proceso o producto crítico a mejorar (CTQ), se conforma el equipo de trabajo, se identifican las necesidades del cliente o requisitos del producto, y se describen las características fundamentales del proceso existente (Chopra & Meindl, 2019). En la fase Medir se recopilan datos relevantes del proceso actual, identificando métricas clave como la tasa de producción, los tiempos de paro y los defectos del producto, mediante un plan de medición que asegura la validez y confiabilidad de los datos, estableciendo así una línea base cuantitativa del desempeño (Montgomery, 2013). Posteriormente, en la fase Analizar, se examinan los datos para identificar las causas raíz de los problemas utilizando herramientas como los diagramas de Pareto, Ishikawa y el método de los "5 Porqués", además de aplicar análisis estadísticos o cálculos de capacidad de proceso para detectar patrones o relaciones causales (Pérez, Gómez & Rodríguez, 2020). En la fase Mejorar se desarrollan e implementan soluciones dirigidas a atacar las causas raíz, priorizando las acciones a través de matrices de priorización o análisis costo-beneficio; las mejoras incluyen cambios en métodos de trabajo, ajustes de operación, mantenimiento preventivo, capacitación del personal, redistribución de espacios e implementación de 5S (Monday, 2022), realizando pruebas piloto para validar su efectividad. Finalmente, en la fase Controlar se establecen mecanismos que permitan sostener las mejoras logradas, como la estandarización de procedimientos, la capacitación continua, el monitoreo regular de los indicadores clave y la implementación de auditorías periódicas para detectar y corregir desviaciones (Smętkowska & Mrugalska, 2018). A continuación, se detalla el desarrollo del proyecto siguiendo cada una de las fases de la metodología DMAIC.

DESARROLLO DEL PROYECTO

Fase Definir: Selección del producto y delimitación del problema

Mediante un análisis de Pareto de las ventas anuales (en kilogramos) por tipo de hilo, se identificó que la familia de producto más importante para “La Económica” es el hilo de mezcla poliéster-algodón, con aproximadamente 65.000 kg vendidos al año. Dentro de dicha familia, el título (grosor) 18 destacó como el más comercializado, con alrededor de 45.000 kg anuales. Este hilo título 18 de poli algodón es el “producto estrella” de la empresa, de tal forma todo el proyecto se desarrolla en función a su proceso productivo.

Se realizó un diagnóstico inicial del proceso productivo del hilo título 18 para identificar los principales factores que afectan la calidad del producto y la eficiencia operativa. Este análisis combinó observaciones directas, entrevistas al personal, revisión de registros y análisis de grabaciones de video de turnos anteriores. En las grabaciones se identificaron paradas frecuentes por fallas, lo cual fue confirmado por los operadores, quienes señalaron la ausencia de mantenimiento preventivo. Además, se verificó que no existían planes documentados ni cronogramas de mantenimiento. A partir de esta evaluación, se identificaron seis problemas clave que se describen a continuación:

1. Condiciones inseguras en la fábrica: Se hallaron varias situaciones de riesgo, como cubiertas de máquinas abiertas o ausentes, falta de señalización de seguridad en áreas críticas, carencia de equipo de protección personal (EPP) adecuado para los operarios, y en general un ambiente de trabajo mejorable. Estas condiciones implican un riesgo elevado de accidentes y una ineficiencia laboral.
2. Falta de estandarización en la configuración de equipos: Durante las observaciones en planta, se evidenció que los operarios aplicaban configuraciones distintas en máquinas similares, sin seguir un parámetro uniforme. Esta variabilidad operativa sugiere la

ausencia de procedimientos estandarizados para el ajuste de los equipos. Una posible causa subyacente de esta situación es la falta de capacitación técnica específica, ya que los operarios no parecían contar con criterios comunes para determinar los ajustes óptimos según el tipo de hilo o las condiciones de trabajo.

3. Se constató que las máquinas clave del proceso no contaban con ningún tipo de revisión de registros, cronogramas ni seguimiento formal de mantenimiento. Esta ausencia de control fue confirmada mediante entrevistas con el personal técnico y operativo
4. Limpiezas de máquina: Los procedimientos no estandarizados y la poca frecuencia de limpieza de las máquinas acumulando pelusa y polvo.
5. Falta de estandarización de parámetros de proceso: No existían todos los valores estándar establecidos para ciertos algunos parámetros de producción en las máquinas (como velocidades, tensiones, ajustes de alimentación).
6. Manejo inadecuado de materiales: Las áreas de almacenamiento no estaban bien organizadas. Se encontró material terminado, material en proceso, desperdicios y materia prima en los mismos espacios, creando el riesgo de contaminación cruzada.

Estos problemas identificados afectan directamente tres aspectos fundamentales del desempeño de la planta, la productividad de las máquinas, la productividad de los operadores y la calidad del producto final. Si una máquina trabaja lento produce menos de lo posible, y si trabaja rápido puede romper el material. Operar a velocidades inadecuadas puede causar roturas del hilo durante el proceso de hilado (Sanchez et al., 2021). De igual manera, condiciones laborales inseguras reducen la eficiencia del trabajador y aumentan la probabilidad de accidentes (Peñaloza & Mejía, 2020).

Fase Medir: Línea base del proceso actual

Para identificar el tamaño de muestra adecuado para los días de toma de datos, se consideraron los siguientes parámetros: un nivel de confianza del 95 %, un margen de error del 10 % y una proporción esperada de 0,5. La población está compuesta por 240 días disponibles de producción en la empresa anual.

Aplicando la fórmula para el cálculo del tamaño de muestra para poblaciones grandes:

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

se obtiene un valor de $n = 384$ días. Este resultado sugiere que, en condiciones ideales, serían necesarios aproximadamente 385 días para obtener resultados estadísticamente significativos. Sin embargo, como este valor excede el tamaño real de la población (240 días), se aplica la corrección para poblaciones finitas mediante la siguiente fórmula:

$$n_{ajustado} = \frac{n}{1 + \frac{n - 1}{N}}$$

Donde N representa el número total de días de producción disponibles durante el periodo en que se desarrollará el Proyecto Integrador. En este caso, se cuenta con 100 días disponibles (20 días al mes durante cinco meses). Al aplicar la fórmula, se obtiene un tamaño de muestra ajustado de $n_{ajustado} = 79$ días.

No obstante, por restricciones operativas (como feriados y cierres de planta inesperados), el número real de días de toma de datos se limitará a 71. Aunque este valor es inferior al tamaño de muestra ajustado, es suficiente para la duración y fines prácticos del proyecto (Macías, R. et al., 2017).

Según Breyfogle (2003), el registro de datos en turnos completos de producción es esencial para obtener una línea base confiable y detectar patrones de variabilidad, por ende, el plan de recolección de datos se los realizó durante 71 días, en un turno de 12 horas diarias, desde el 22 de noviembre de 2024 hasta el 7 de marzo de 2025 sin contar días festivos y fines de semana ya que la planta no opera en estos días. Los datos recopilados fueron tomados en cada una de las máquinas. La necesidad de medir estos datos surgió debido a que la empresa no tenía registros previos sobre tiempos de producción, tasas de producción ni otros indicadores clave, lo que hizo indispensable la recopilación directa en planta.

De acuerdo con Montgomery (2020), para un análisis eficaz en Six Sigma, la cantidad de datos recolectados debe ser suficiente para capturar la variabilidad natural del proceso y evitar conclusiones erróneas. En este sentido, un período de 71 días de medición permite capturar cambios en el comportamiento de la producción bajo diferentes condiciones operativas, lo que mejora la confiabilidad del análisis. Además, el estudio de Breyfogle (2003) sugiere que, para evaluar procesos de manufactura con alta variabilidad, es recomendable registrar datos durante un período representativo del ciclo productivo completo, asegurando la inclusión de diferentes factores que puedan influir en el desempeño.

La recopilación de datos ayudó a establecer métricas como el tiempo planificado (tiempo total por turno), producción teórica esperada (kg de hilo que debería producirse en ese tiempo según la capacidad nominal de la máquina), producción real (kg producidos), tiempo operativo efectivo (tiempo en que la máquina estuvo operando en el turno), paradas planificadas (tiempos muertos por mantenimientos preventivos o cambios de lote programados) y paradas no planificadas (tiempos muertos por fallas o problemas imprevistos). Formato estándar utilizado para la recolección de estos datos:

N	Tiempo planificado (Turno)	Producción esperada Kg en el turno completo (tasa de producción, producción final)	Producción real Kg	Cantidad defectuosa Kg	Paras (min)	Descripción

Tabla 1. Formato de recolección de datos

En los siguientes gráficos se muestra el resumen de recopilación de datos por cada máquina.

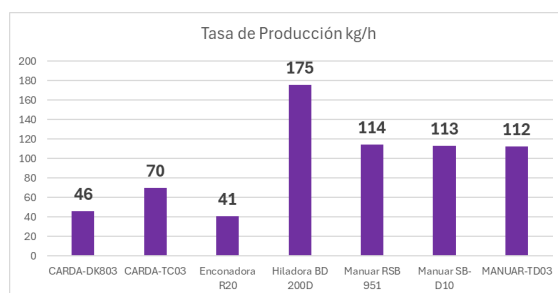


Figura 1. Tasa de producción medida en kg/h

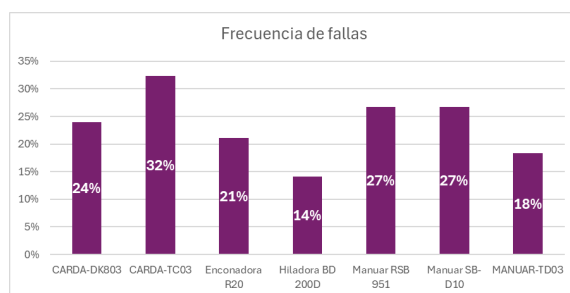


Figura 2. Frecuencia de fallas por máquina

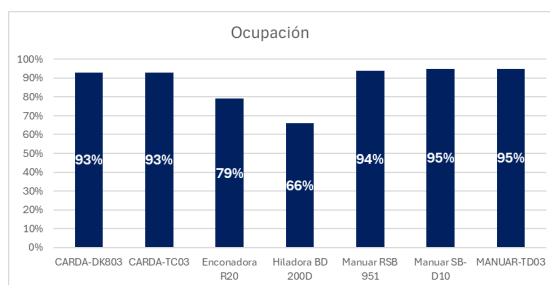


Figura 3. Ocupación de cada máquina

Productividad de máquinas: Al comparar la producción real vs. la teórica de cada máquina, se halló una brecha significativa. En promedio, las máquinas estaban logrando un desempeño inferior al esperado. La máquina Enconadora R20 (enrolladora de hilo) alcanzó una tasa de producción de 40.54 kg/h, y la Carda DK803 de 45.86 kg/h. La Carda TC03 también mostró un rendimiento por debajo del óptimo, con 69.80 kg/h. Estos resultados confirmaron cuantitativamente la existencia de ineficiencias operativas relevantes a lo largo del proceso.

Tasas de producción y cuellos de botella: Se calcularon las tasas de producción (kg de hilo por hora) de cada equipo. Las cardas resultaron ser las máquinas con tasas más bajas (46–70 kg/h), seguidas por la Enconadora R20 (40.54 kg/h). En contraste, las máquinas intermedias de estiraje (Manuar) y la hiladora BD200D podían procesar entre 112 y 165 kg/h. Esto evidenció que las cardas y la Enconadora eran los cuellos de botella principales del proceso: sus limitaciones arrastraban el rendimiento global, ya que, aunque las demás máquinas tenían capacidad de producción superior, estaban limitadas por la lenta alimentación desde las cardas o retrasos en el enrollado final.

Eficiencia y tiempos muertos: La eficiencia de cada máquina se relaciona con su tiempo efectivo de operación frente al tiempo planificado. El análisis mostró que las cardas DK803 y TC03, y la Enconadora R20, aunque tuvieron un tiempo operativo (alrededor de 590 min y 469 min respectivamente), registraron un alto número de paradas no planificadas. En particular, la hiladora BD200D fue la máquina con más interrupciones no planificadas (226.87 minutos, representando el 46.81% del total), seguida por la Enconadora R20 (85.69 minutos, 17.68%). Esto evidencia que, aunque ciertas máquinas operaban gran parte del tiempo, las paradas imprevistas y las interrupciones menores reducían considerablemente su

efectividad, indicando la necesidad de intervenir con acciones de mantenimiento preventivo, análisis de fallas y optimización de flujos.

Calidad del hilo: Los ensayos de laboratorio mostraron que, antes de mejoras, el hilo título 18 apenas cumplía con las especificaciones mínimas de los estándares de calidad USTER (Uster Technologies AG, 2018). La resistencia promedio medida era admisible, al igual que la elongación, pero la uniformidad presentaba un coeficiente de variación elevado y los conteos de *neps* en el hilo estaban por encima de lo deseado. Este resultado reforzó los hallazgos preliminares: problemas en la limpieza y en la falta de estandarización de parámetros estaban generando variabilidad en la calidad del hilo.

Fase Analizar: Identificación de causas raíz

La fase de Análisis en la identifica y valida las causas raíz de los problemas que afectan la calidad y eficiencia del proceso productivo. Según Pyzdek y Keller (2014), esta etapa comprende las fuentes de variabilidad dentro del proceso y cómo impactan en el producto final. Al identificar causas fundamentales, se garantiza que las acciones correctivas sean efectivas y sostenibles en el tiempo (Montgomery, 2019).

Análisis de los CTQ's

Los Critical to Quality (CTQ) son indicadores clave que determinan la calidad y productividad en la fabricación del hilo título 18/1 de poli algodón. Para la maquinaria, se consideran la capacidad, tasa de producción, eficiencia, tiempo operativo y nivel sigma. En cuanto al producto, se evalúan el estiraje, la resistencia a la ruptura y la uniformidad del hilo. Identificar y controlar estos CTQ's con la metodología DMAIC permite reducir la variabilidad y mejorar la competitividad del proceso.

Productividad de las Máquinas:

En cuanto a la productividad de las máquinas, los CTQ's considerados abarcan la capacidad, entendida como el volumen máximo de producción alcanzable; la tasa de producción, que mide la velocidad con la que se fabrica el hilo; y la eficiencia, que relaciona la producción real con la teórica. También se incluye el tiempo operativo, que refleja el periodo en que la máquina está realmente en funcionamiento, y se diferencian las paradas planificadas, como mantenimientos o limpiezas programadas, de las no planificadas, provocadas por fallas u otros eventos que interrumpen el proceso.

Calidad del Producto

En cuanto a la calidad del hilo, los CTQ's clave son el estiraje, que se refiere a la consistencia en la longitud y uniformidad del hilo; la resistencia a la ruptura, que mide la capacidad del hilo para soportar tensiones sin romperse; y la uniformidad, evaluada por la presencia de neps o irregularidades, las cuales deben minimizarse para asegurar un producto de alta calidad.

Capacidad, Tasa de Producción y Eficiencia (OEE)

El análisis de los CTQ's relacionados con la capacidad y tasa de producción revela importantes ineficiencias, especialmente en las Cardas TC03, DK803 y la Enconadora R20. Como se muestra en el Anexo C1, existe una diferencia notable entre la producción teórica y la real, lo que evidencia pérdidas operativas en el proceso. Las cardas, ubicadas al inicio de la hilatura open-end, presentan una tasa de producción baja (45.9 kg/h en la DK803 y 69.8 kg/h en la TC03; Anexo C2), lo que afecta en la continuidad y calidad del proceso.

Además, los datos de OEE (Anexo C3) muestran que, aunque estas máquinas tienen alta disponibilidad (más del 93%), su eficiencia es baja (entre 53% y 58%), lo que refleja problemas de configuración, falta de estandarización y mantenimiento deficiente. La

Enconadora R20, por su parte, muestra buena eficiencia (83.61%) pero baja disponibilidad (79.73%), lo que indica muchas paradas, afectando el flujo final del proceso.

Maquina	OEE	Disponibilidad	Eficiencia	Calidad
Carda DK803	50.15%	93.67%	53.76%	98.88%
Carda TC03	54.27%	93.81%	58.05%	99.28%
Enconadora R20	74.05%	79.73%	83.61%	98.92%

Figura 4. Cálculo de OEE de las máquinas Cardas y Enconadora

Además, en la Imagen C4 evidencia visualmente que las cardas tienen una eficiencia inferior respecto al resto del proceso. Esta situación impacta directamente en la calidad del hilado, ya que una alineación deficiente de las fibras desde la carda puede generar defectos acumulativos en las etapas posteriores.

Tiempo Operativo y Paradas (Planificadas y No Planificadas)

Mediante el análisis en Power BI, se observó que las máquinas con menor tiempo operativo fueron la Enconadora R20 (469.31 horas) y la Hiladora BD 200D (365.73 horas), como se muestra en la Imagen C5. Esta baja disponibilidad sugiere una alta frecuencia de interrupciones que comprometen la continuidad del proceso productivo.

En cuanto a las paradas planificadas, la Enconadora R20 presentó el mayor número con 165 eventos (23.49%), seguida de la Hiladora BD 200D con 127.39 (18.14%), según la Imagen C6. Aunque estas detenciones son necesarias para mantenimiento o limpieza, su frecuencia excesiva puede impactar negativamente en la eficiencia operativa.

Por otro lado, las paradas no planificadas también representaron un problema relevante. La Hiladora BD 200D lideró con 226.87 (46.81%), seguida de la Enconadora R20

con 85.69 (17.68%), como indica la Imagen C7. Estas fallas imprevistas afectan directamente la estabilidad del sistema y elevan los costos por mantenimientos correctivos. Además, las Cardas DK803 y TC03 presentaron niveles considerables de paros no planificados, lo cual es preocupante por su rol crítico al inicio del proceso de hilatura.

Estos hallazgos demuestran la necesidad de reducir tanto paradas planificadas como imprevistas mediante mejores prácticas de mantenimiento y planificación operativa.

Conclusión de CTQ's

El análisis de los CTQ's revela que las Cardas TC03 y DK803, así como la Enconadora R20, presentan deficiencias críticas en el proceso productivo. Las cardas, fundamentales en la hilatura open-end, muestran baja eficiencia, lo que compromete la formación uniforme de la mecha y afecta etapas posteriores (Perinat, 1997). Por su parte, la Enconadora R20, como etapa final del proceso, presenta bajos niveles de producción y frecuentes paradas, generando cuellos de botella que afectan la entrega y calidad del hilo (Kidam, 2024). Abordar estos problemas es clave para lograr un proceso más estable y competitivo.

Análisis de las Máquinas Cardas: Identificación de Fallas

Para identificar las causas de la baja eficiencia en las Cardas TC03 y DK803, se aplicaron diversas herramientas de calidad, incluyendo la matriz de impacto, el diagrama de Pareto, el diagrama de Ishikawa, los 5 porqués, las gráficas de capacidad y el Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF). Estas herramientas permitieron analizar factores como desajustes en la configuración, deficiencias en el mantenimiento y acumulación de impurezas que afectan el rendimiento de las máquinas (Gutiérrez & De la Vara, 2013). Comprender estas fallas facilita la toma de decisiones para optimizar su funcionamiento y reducir su impacto en el proceso productivo.

1. Matriz de Impacto

Para priorizar las fallas que afectan el desempeño de las cardas TC03 y DK803, se aplicó una matriz de impacto, herramienta que permite clasificar los problemas según su impacto en el proceso y el esfuerzo requerido para resolverlos. En la imagen C8, se observa que las fallas mecánicas y la limpieza de máquina se encuentran en el cuadrante de “ganancia rápida”, lo que indica que su atención puede generar mejoras significativas con un esfuerzo moderado (Carrizo, A., & Campos, G. 2011; Dynamox, 2022). Esta priorización sirvió como base para profundizar en el análisis con el Diagrama de Pareto de paradas no planificadas.

2. Diagrama Pareto de Paradas no planificadas

El Diagrama de Pareto permitió identificar y jerarquizar las principales causas de paradas no planificadas en las Cardas TC03 y DK803, revelando que las fallas mecánicas y la limpieza de máquina concentran más del 90 % del tiempo improductivo (Anexos C9 y C10). Estos resultados confirman la necesidad de enfocar los esfuerzos en estas causas críticas, ya que su corrección puede mejorar significativamente la continuidad operativa y reducir las interrupciones en el proceso productivo (Gutiérrez & De la Vara, 2013).

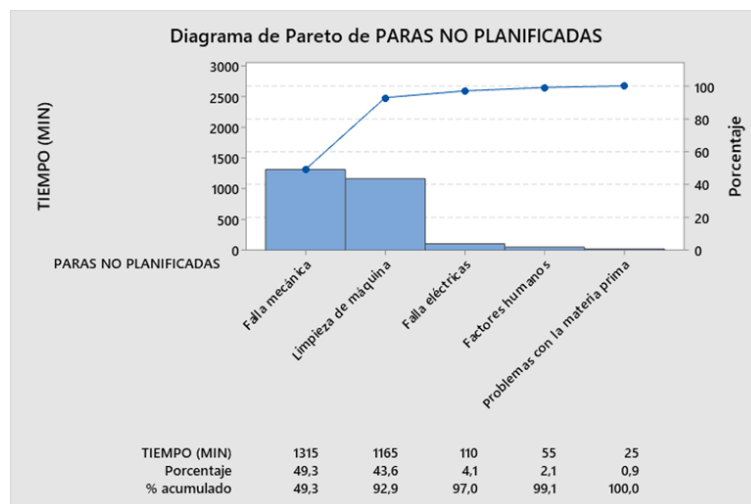


Figura 5. Diagrama de Pareto de Paradas no planificadas de la Carda DK803.

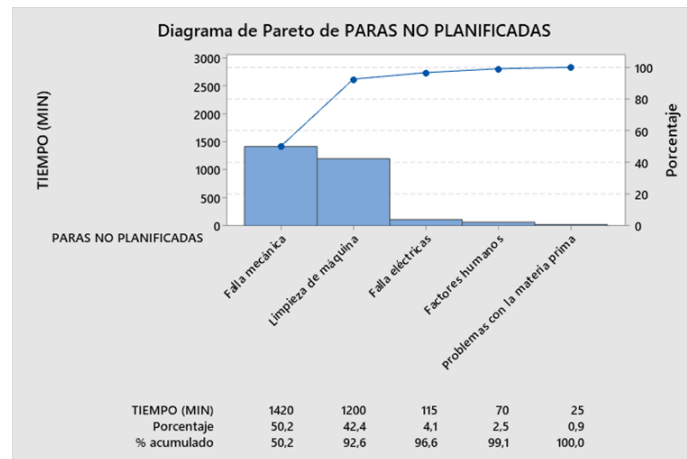


Figura 6. Diagrama de Ishikawa fallas mecánicas en la producción.

3. Diagramas Ishikawas

Con base en los resultados del Diagrama de Pareto, se aplicó el Diagrama de Ishikawa para identificar las causas raíz de las fallas mecánicas y los excesivos tiempos de limpieza. Esta herramienta permitió organizar los factores involucrados, revelando en las Imágenes C11 y C12 que los principales problemas están relacionados con la falta de mantenimiento, el uso inadecuado de herramientas y la ausencia de procedimientos estandarizados. Atender estas causas permitirá reducir paradas no planificadas y mejorar la eficiencia del proceso (Gutiérrez & De la Vara, 2013).

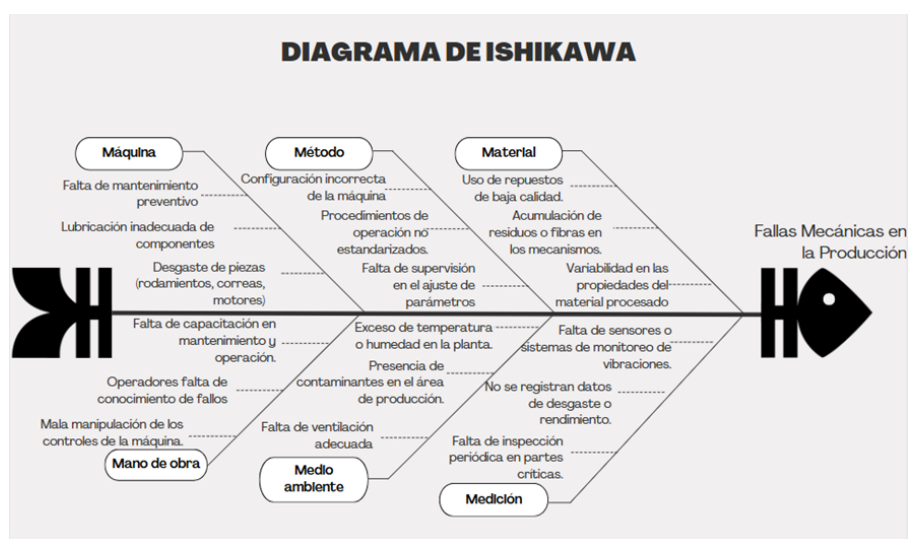


Figura 7. Diagrama de Ishikawa fallas mecánicas en la producción.

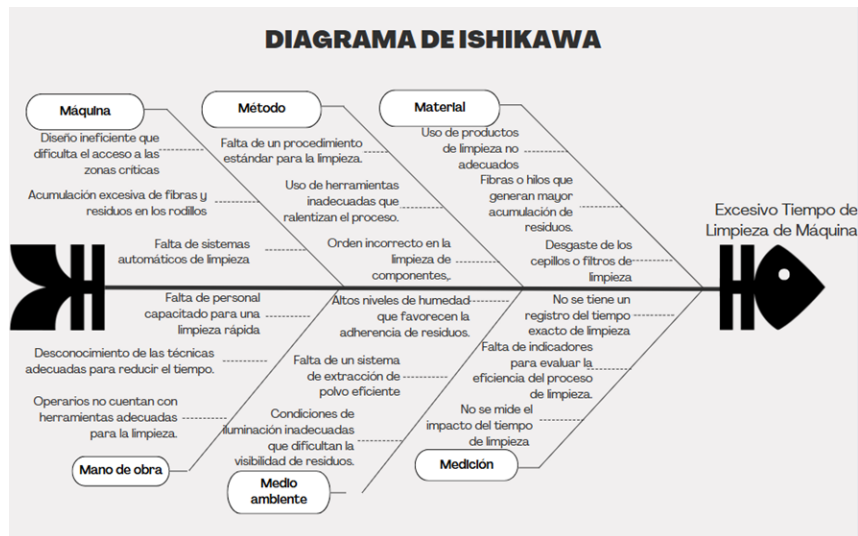


Figura 8. Diagrama Ishikawa excesivo tiempo de limpieza de máquinas.

4. 5 porqués

El Análisis de los 5 Porqués se aplicó para identificar las causas raíz de las fallas mecánicas y el excesivo tiempo de limpieza en las máquinas cardas. Esta técnica consiste en preguntar "¿Por qué?" repetidamente hasta llegar a la causa fundamental del problema (Benjamin, S. et al, 2015)

En las Imágenes C13 y C14, se observa que las fallas mecánicas se deben a la falta de mantenimiento preventivo, mientras que el excesivo tiempo de limpieza se atribuye a la acumulación de residuos por ausencia de procedimientos de limpieza estandarizados. Abordar estas causas raíz es esencial para mejorar la eficiencia y reducir los tiempos de inactividad en el proceso productivo.

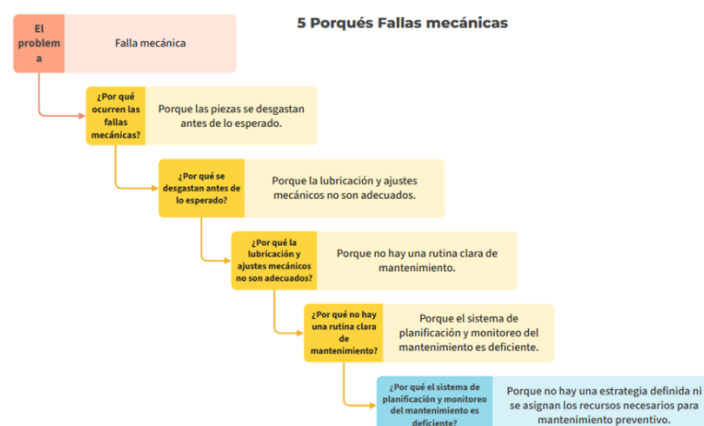


Figura 9. 5 porques de fallas mecánicas de Cardas.

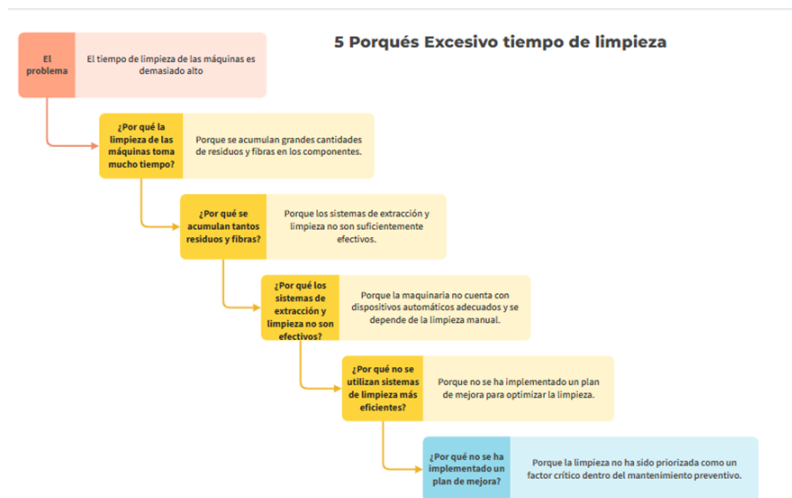


Figura 10. 5 porques excesivo tiempo de limpieza.

5. Gráficas de capacidad

Las gráficas de capacidad presentadas en las Imágenes C15 y C16 muestran que las Cardas TC03 y DK803 tienen un desempeño deficiente, con alta variabilidad y una capacidad de proceso inadecuada. Esto se refleja en los valores de $Cpk = 0.21$ y un Nivel Sigma de 0.63, lo que indica que el proceso no cumple con los estándares de calidad requeridos. Dado que un Cpk bajo implica que el proceso no está centrado ni dentro de los límites de especificación, es necesario implementar mejoras en el mantenimiento y ajustes operativos para reducir la variabilidad. Optimizar estos parámetros permitirá aumentar la capacidad del proceso y alcanzar una mayor estabilidad en la producción (Evans & Lindsay, 2017).

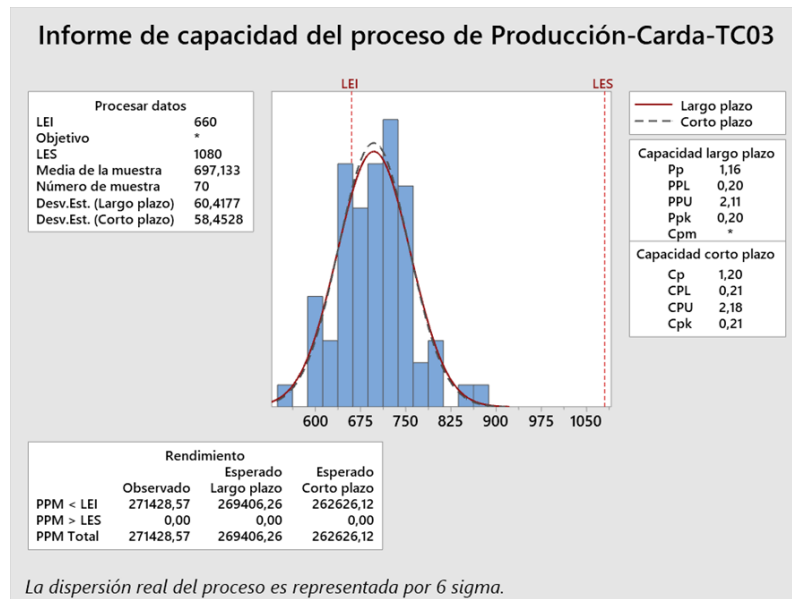


Figura 11. Gráfica de capacidad del proceso de producción de Carda TC03.

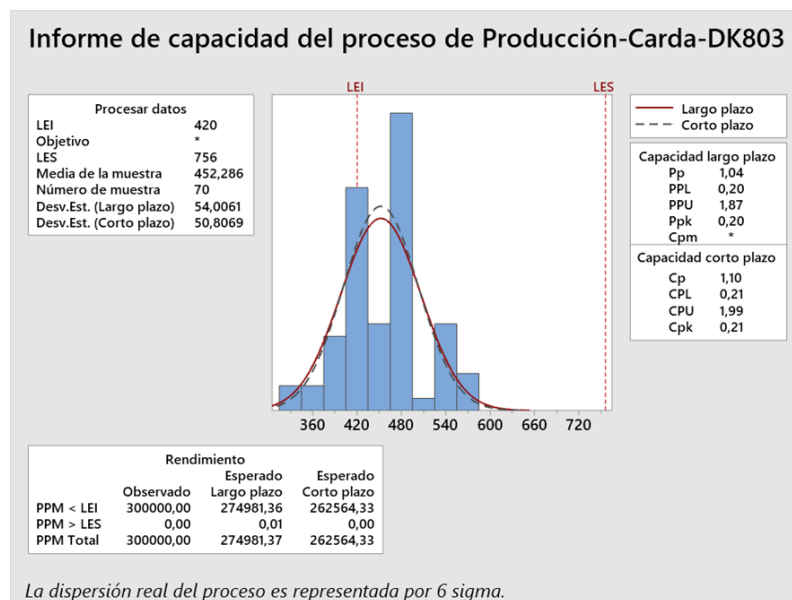


Figura 12. Gráfica de capacidad del proceso de producción de Carda DK803

6. Análisis AMEF

El Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) es una herramienta que permite priorizar fallas potenciales según su impacto en el proceso (McDermott, R. et al, 2009). En la Imagen C17, se identificó que las principales fallas en mantenimiento son la ausencia de mantenimiento preventivo (NPR = 432) y la lubricación deficiente (NPR = 320), ambas vinculadas al desgaste prematuro de componentes. En cuanto a limpieza (Imagen C18),

destacan el tiempo excesivo de limpieza (NPR = 315) y la acumulación de residuos (NPR = 256). Estos hallazgos refuerzan la necesidad de establecer rutinas preventivas y mejorar los procedimientos de limpieza para reducir tiempos improductivos y aumentar la confiabilidad operativa.

Análisis de las Máquina Enconadora: Identificación de Fallas

El análisis de la Enconadora es clave para evaluar su desempeño y reducir tiempos improductivos que afectan la eficiencia del proceso. Para ello, se inicia con un Diagrama de Pareto de Paradas, que permitirá identificar las principales causas de detención de la máquina y enfocar los esfuerzos en las áreas con mayor impacto (Evans & Lindsay, 2020).

1. Diagrama Pareto

En la Imagen C19, se evidencia que el Set up (36.6%) y la Carga y descarga (27.5%) representan más del 60% del tiempo total de paradas. Esto indica que la optimización de estos procesos es fundamental para mejorar la disponibilidad de la Enconadora, reducir tiempos improductivos y garantizar una producción más fluida y eficiente.

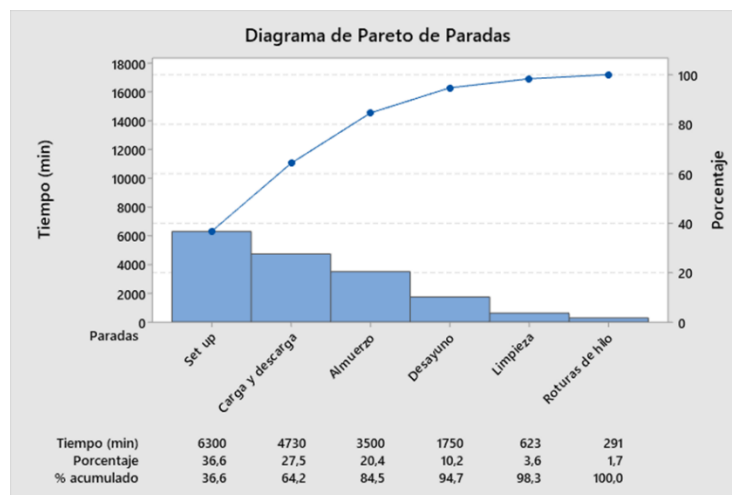


Figura 13. Diagrama de Pareto de paradas de la máquina Enconadora.

2. Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa permitió identificar las causas del excesivo tiempo de setup y carga/descarga en la Enconadora. En la Imagen C20 se evidencian factores como la falta de

técnicas SMED, desgaste de componentes y escasa capacitación. Además, la Imagen C21 muestra problemas en carga/descarga relacionados con procesos no estandarizados, mal almacenamiento y poca coordinación. Abordar estos puntos mediante estandarización, automatización y formación del personal es clave para reducir tiempos improductivos y mejorar la eficiencia (Carrizo, A., & Campos, G. 2011).

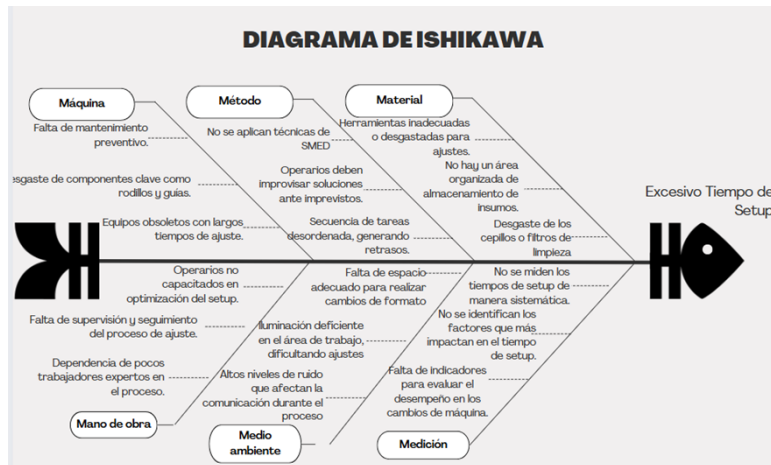


Figura 14. Diagrama de Ishikawa sobre el excesivo tiempo de setup.

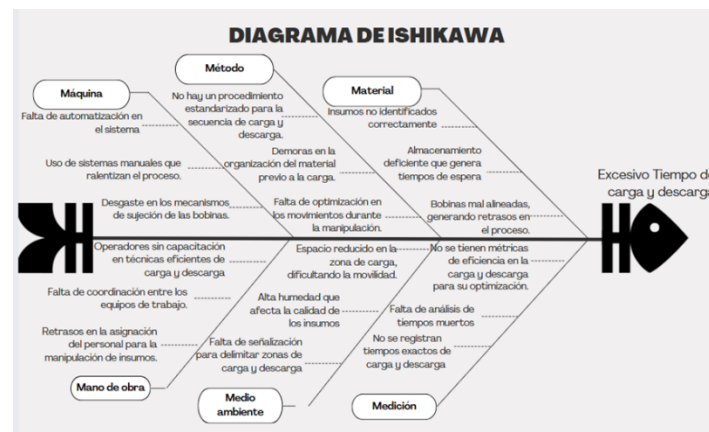


Figura 15. Diagrama Ishikawa sobre el excesivo tiempo de carga y descarga.

3. Lista de verificación

La lista de verificación es una herramienta clave en el mantenimiento preventivo, ya que asegura la ejecución sistemática de tareas esenciales. En la Enconadora, su aplicación (Imagen C22) permitió detectar fallas en lubricación, inspección de componentes y alineación, lo que contribuyó a reducir paradas no planificadas y mejorar la eficiencia

operativa. Además, ayuda a minimizar errores humanos y garantiza el cumplimiento de estándares de mantenimiento.

4. Análisis AMEF

El AMEF aplicado a la Enconadora identificó como fallas críticas la falta de materiales listos (NPR = 336) y los procedimientos ineficientes de carga y descarga (NPR = 315), según la Imagen C23. En el setup (Imagen C24), destacaron la ausencia de herramientas preparadas (NPR = 280) y el mantenimiento preventivo insuficiente (NPR = 270). Estas fallas reflejan una deficiente planificación y falta de estandarización, por lo que se recomienda implementar sistemas de abastecimiento, rutinas preventivas y capacitación del personal para mejorar la eficiencia operativa (McDermott, R. et al, 2009).

5. SMED

La herramienta SMED se aplicó para reducir el tiempo de cambio en la Enconadora, cuyo setup actual es de 96 minutos, de los cuales 59 son actividades internas y 17 se consideran desperdicio. El análisis (Imagen C25) evidenció desorganización en tareas como “buscar conos vacíos” y “colocar conos en los usos”, reflejando falta de planificación y ausencia de guías visuales. Actividades como “parar máquina” o “retirar conos” no siguen una secuencia definida, lo que incrementa el tiempo improductivo.

Conclusión del análisis de la máquina Enconadora

El análisis de la Enconadora reveló que su bajo desempeño está asociado a la falta de mantenimiento preventivo, tiempos prolongados en setup y carga/descarga, y procedimientos operativos ineficientes. Las fallas mecánicas recurrentes y la mala planificación de materiales afectan directamente la eficiencia y estabilidad del proceso. Para optimizar su rendimiento, se recomienda aplicar técnicas SMED, estandarizar procesos, mejorar la gestión de insumos y

fortalecer el mantenimiento preventivo, alineando así los CTQ's con los niveles operativos deseados (Montgomery, 2019).

Análisis de Calidad del Hilo

Para evaluar la calidad del hilo 18/1 de poliéster-algodón, se realizaron pruebas en la máquina Uster. Los resultados, mostrados en la Imagen C26, indican que tanto la resistencia como la elongación cumplen con los estándares establecidos por una empresa del sector textil. No obstante, los valores de Neps (314/km) y uniformidad ($U\% = 12.75\%$) se encuentran fuera del rango deseado, lo cual puede afectar la calidad del tejido final.

Parámetro	Resultado Obtenido	Estándares Comunes para Hilo de Tela	Análisis
Resistencia (cN/tex)	16.19	15-20 cN/tex	Dentro del rango aceptable, indicando buena resistencia para aplicaciones textiles.
Neps (+280%)	314 neps/km	<200 neps/km	Excesivo. Esto puede afectar la apariencia y calidad del tejido final.
Elongación (%)	11.39%	5-15%	Dentro del rango esperado, lo que indica buena flexibilidad antes de romperse.
Uniformidad (U%, CVm)	U% = 12.75%, CVm = 5.36%	U% < 12%, CVm < 6%	Uniformidad aceptable, aunque el U% está ligeramente fuera del estándar ideal.

Figura 16. Tabla de resultados de análisis USTER.

Además, el análisis de defectos en la Imagen C27 revela una alta cantidad de hilos gruesos (+50%) y delgados (-40%), lo que compromete tanto la apariencia como la resistencia del producto final. Estos hallazgos sugieren la necesidad de ajustes en la configuración del equipo, así como la estandarización de parámetros y mejoras en el proceso de hilatura para cumplir con los requisitos de calidad del cliente.

Fase Implementar: Implementación de soluciones

Identificadas las causas raíz en la fase de Análisis, el equipo desarrolló e implementó soluciones enfocadas en los problemas de mayor impacto. En la fase de Mejorar, se priorizaron intervenciones en mantenimiento preventivo y limpieza para mejorar la confiabilidad de los equipos y reducir defectos, seguidas de la estandarización de operaciones

y mejoras en organización y seguridad. Las acciones se concentraron en las áreas críticas de Cardas y Enconadora, estandarizando prácticas y asegurando la calidad del hilo en cada etapa. A continuación, se detallan las mejoras, su propósito, forma de implementación y resultados parciales obtenidos.

Mejoras implementadas en el área de Cardas

El área de Cardas presentaba inicialmente desorden, acumulación de residuos y falta de mantenimiento, afectando la eficiencia de las máquinas, la calidad del hilo producido y la productividad del personal. Para abordar estos problemas, se implementaron soluciones basadas en la metodología 5S, estableciendo un entorno de trabajo organizado y seguro.

- **Seiri (Clasificar):** Se retiraron todos los elementos que no aportaban valor ni eran de uso frecuente, como herramientas dañadas, repuestos obsoletos, restos de fibra, empaques vacíos y conos defectuosos. Esta depuración liberó espacio operativo, mejoró el flujo de materiales y facilitó la limpieza y visibilidad del entorno.
- **Seiton (Ordenar):** Se establecieron ubicaciones fijas y señalizadas para herramientas e insumos mediante tableros visuales, etiquetas en estanterías y zonas delimitadas en el piso. Gracias a esto, el tiempo de búsqueda de materiales se redujo de 8 a 2 minutos, se minimizaron errores por uso incorrecto de herramientas y se facilitaron las actividades de mantenimiento, limpieza y cambios de lote.
- **Seiso (Limpiar):** Se realizó una limpieza profunda inicial de todas las cardas, removiendo polvo, pelusa y residuos acumulados. Posteriormente, se implementaron rutinas estandarizadas: limpieza ligera diaria (brochas y aire comprimido) y limpieza profunda semanal (apertura de cubiertas y uso de aspiradora industrial). Cada tarea tiene responsables asignados y listas de verificación, asegurando un ambiente seguro y limpio, reduciendo defectos como los neps en el hilo y el riesgo de fallas.

- **Seiketsu (Estandarizar):** Se desarrollaron procedimientos operativos estándar con dos Hojas de Trabajo Estandarizadas: una para la limpieza de cardas y otra para la configuración de parámetros operativos. Estos parámetros incluyeron estiraje total (77,0), estirajes parciales V4 (1,3–1,4), finura de cinta (6,00 ktex), velocidad de entrega (65 m/min) y presión de succión (150 Pa). Los estándares fueron difundidos mediante carteles y capacitación, con checklists para verificación. Esto redujo la variabilidad operativa y disminuyó defectos en la fibra cardada.
- **Shitsuke (Disciplinar):** Se inculcaron hábitos de orden y limpieza mediante capacitaciones y retroalimentación continua, realizándose auditorías internas de 5S y reconociendo al personal con áreas ejemplares. Estas acciones aumentaron el compromiso del personal, integraron la filosofía de mejora continua en la operación diaria y lograron una reducción sostenida de desviaciones y fallas operativas asociadas al desorden o a la falta de limpieza.

Implementación de TPM (Mantenimiento Productivo Total): Se implementó la filosofía TPM (Total Productive Maintenance) en el área de Cardas con el objetivo de aumentar la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas. Anteriormente, las fallas eran frecuentes por causas prevenibles (acumulación de pelusa, falta de lubricación, desalineaciones), y el mantenimiento era completamente reactivo. Se diseñó un plan de mantenimiento preventivo estructurado, con tareas asignadas por frecuencia y nivel de especialización:

Tabla de Mantenimiento Preventivo		
Frecuencia	Actividades	Responsable
Diario	Limpieza superficial general (piñones, ejes, cadenas, ductos de alimentación)	Operario
	Sopletear sensores y piezas móviles (máx. 3 bares)	Operario
	Limpieza de rotores con pincel o cepillo suave	Operario
	Vaciar y limpiar recolectores de desperdicio	Operario
	Limpiar sensores ópticos tipo barrera de luz	Operario

	Verificación visual de cables sueltos o piezas desalineadas	Operario
Semanal	Revisar parrillas de regulación y cilindros perforados	Técnico + Operario
	Limpiar y revisar conductos de transporte de fibras	Técnico + Operario
	Inspeccionar roldanas y brazos del sistema de enrollado	Técnico
	Retirar residuos de hilo en cojinetes de cilindros	Técnico
	Aspirar polvo del tablero de control, variadores y PLC	Técnico
	Revisar espacio bajo canillas y sistema de arrastre	Técnico + Operario
	Comprobar funcionamiento del contador y sistema de impulsos electrónicos	Técnico electrónico
Trimestral	Ajustar tensión de correas, cadenas y componentes del tren de arrastre	Técnico mecánico
	Lubricar rodamientos de ejes en zonas específicas	Técnico mecánico
	Limpiar sensores de seguridad (ópticos/térmicos)	Técnico eléctrico
	Verificar estado de conexiones y tablero de control	Técnico eléctrico
	Evaluar y cambiar aceite en motoreductores si se detectan impurezas o pérdida de viscosidad	Técnico mecánico
	Limpieza profunda de módulos electrónicos del sistema de rotura	Técnico electrónico
	Inspeccionar cilindros peinadores y rodillos de guía	Técnico especialista
Anual	Verificar y reemplazar rodamientos de motores y ejes de accionamiento rotativo	Especialista técnico
	Revisar guarniciones de cilindros disgregadores; reparar dientes o cambiar forros según condición	Especialista técnico
	Validar alineación estructural y estado del chasis	Especialista técnico
	Actualizar planos eléctricos y mecánicos si hubo modificaciones	Técnico responsable

Tabla 2. Tabla de mantenimiento preventivo

Todo quedó documentado en una tabla maestra de mantenimiento, con tareas, frecuencias, responsables y consideraciones de seguridad.

Se instauró el mantenimiento autónomo: los operarios asumen responsabilidades diarias, mientras el equipo técnico ejecuta tareas programadas. Esto redujo significativamente las fallas inesperadas y mejoró la capacidad de respuesta ante incidentes.

Como herramienta complementaria, se introdujo un tablero visual (Imagen D9) para monitorear el cumplimiento de tareas de limpieza. Dividido en *Pendiente*, *En proceso* y *Terminado*, contiene tarjetas codificadas por tarea crítica (ej. LIM-D-01: limpieza externa). Este sistema asegura el seguimiento diario, evita omisiones y fortalece la disciplina operativa.

Los efectos inmediatos del tablero fueron: mayor regularidad en limpiezas, reducción de acumulación de pelusa, mayor corresponsabilidad del equipo y mejor orden visual. El entorno más limpio y organizado ayudó a evitar fallas y a consolidar una cultura de mantenimiento proactivo.

En conjunto, estas acciones estabilizaron la operación del cardado, redujeron tiempos muertos y variabilidad en la napa de fibra, y elevaron la productividad. La mejora en esta etapa inicial sentó las bases para optimizar los procesos posteriores (estiraje, hilado y enconado) bajo condiciones estandarizadas y controladas.

Mejoras implementadas en el área de Enconadora

El área de Enconadora enfrentaba alta variabilidad en los tiempos de *setup* (96 minutos promedio) y errores humanos que afectaban la calidad del hilo. El diagnóstico inicial reveló causas como tareas ejecutadas con la máquina detenida, desorganización en materiales, ausencia de guías visuales y falta de estandarización en el empalme del hilo.

Para revertir esta situación, se implementaron herramientas Lean: 5S, trabajo estandarizado (Standard Work), gestión visual, Poka Yoke y reducción de tiempos con SMED.

Con 5S, se eliminaron elementos innecesarios (*Seiri*), se reorganizaron zonas y herramientas (*Seiton*), se establecieron rutinas de limpieza documentadas (*Seiso*), se introdujeron ayudas visuales y hojas estándar (*Seiketsu*), y se realizaron capacitaciones y auditorías para consolidar la disciplina (*Shitsuke*). Esto mejoró el orden, redujo desperdicios y reforzó la participación del personal.

Se desarrollaron Hojas de Trabajo Estándar para el bobinado con pasos claros, tiempos estimados, ayudas visuales y fotos. Se estandarizaron parámetros críticos (tensión, velocidad, alineación), validados con equipos USTER, y se mejoró el procedimiento de preparación de máquina, reduciendo errores y mejorando la trazabilidad.

Se diseñó un tablero visual para gestionar el cambio de lote, con tarjetas codificadas para tareas críticas (detener máquina, colocar conos, ajustar parámetros, etc.) divididas en columnas *Pendiente*, *En proceso* y *Terminado*. Este sistema permitió seguimiento en tiempo real, mayor coordinación y formación de nuevos operadores.

Como complemento clave en la etapa de implementación, se aplicaron dispositivos *Poka Yoke* para prevenir errores humanos recurrentes durante el setup y el empalme del hilo (ver imágenes D10 y D11). Se diseñaron soluciones simples como topes mecánicos para evitar el montaje incorrecto de conos, sensores de presencia de hilo para impedir la puesta en marcha sin material, y plantillas visuales que guían el correcto enhebrado y alineación del hilo. Estas medidas permitieron reducir fallas por omisiones o secuencias erróneas, mejorar la calidad del producto final y facilitar la capacitación de nuevos operadores, al disminuir la

variabilidad en tareas críticas. El enfoque preventivo del *Poka Yoke* fortaleció las demás herramientas Lean, contribuyendo a un proceso de cambio de lote más seguro, estandarizado y eficiente.

Estas acciones se integraron en una estrategia SMED (Imagen D13), que logró reducir el tiempo de *setup* de 96 a 71 minutos (-26%), al convertir tareas internas en externas, eliminar desperdicios y optimizar la secuencia de actividades. Esto aumentó la disponibilidad de la Enconadora y la productividad general del área.

Para asegurar la sostenibilidad, se capacitó al personal operativo y de mantenimiento en temas técnicos y de seguridad. Se incluyeron módulos prácticos, como uso de extintores junto al cuerpo de bomberos y manejo de EPP. Además, se dotó de uniformes nuevos, se instalaron señalizaciones de seguridad y se entrenó al personal en mantenimiento preventivo y uso correcto de las hojas estándar.

Estas capacitaciones fortalecieron el mantenimiento autónomo y consolidaron un cambio cultural. Al finalizar la fase *Mejorar*, los operarios aplicaban proactivamente las 5S, seguían los estándares y reportaban desviaciones, demostrando apropiación y compromiso con la mejora continua en “La Económica”.

Estandarización de parámetros operativos y mejora de la calidad del hilo

Una mejora clave en Cardas y Enconadora fue la estandarización de parámetros operativos, abordando la variabilidad inicial que generaba inconsistencias en calidad y producción del hilo. Durante la fase *Mejorar*, se definieron y documentaron valores óptimos uniformes para las etapas críticas del proceso.

En Cardas (TC03, DK803, etc.), se introdujo una hoja estándar con parámetros como velocidades de alimentación, estirajes, ajustes de peines y limpieza programada. Esto permitió producir napas homogéneas en peso, alineación y limpieza, reduciendo variaciones entre lotes. Los resultados incluyeron una menor variación en el título de la mecha y menos neps generados, mejorando la calidad del hilo.

Aunque la hiladora BD200D presentaba menor variabilidad, también se estandarizaron parámetros como velocidad de rotor, vacío, alimentación y torsión para el hilo título 18. Se eliminaron prácticas empíricas, garantizando uniformidad en torsión y resistencia. Además, se estableció un control de calidad en línea: los operarios verifican periódicamente tenacidad y grosor usando instrumentos básicos.

En la Enconadora, se calibraron tensiones de enrollado y velocidades con equipos USTER, eliminando ajustes subjetivos y asegurando conos uniformes en densidad y tensión. Se estandarizó el método de empalme entre lotes, mejorando la resistencia del nudo.

Estas acciones lograron una producción más predecible y homogénea, reflejada en la mejora del CV% de masa y la reducción de defectos como neps y zonas delgadas. Además, la estandarización consolidó un lenguaje común de operación, elevando la conciencia de calidad del personal. Términos como “velocidad estándar” o “rango permitido” se integraron en la rutina diaria, y los operadores comprenden y mantienen las variables críticas (CTQ) dentro de los límites establecidos.

Evaluación del desempeño de las máquinas tras la implementación

Máquina		Producción kg/h	
Carda DK803	45.9	56.9	
Carda TC03	69.8	74.6	
Manuar RSB 951	114.2	117.0	
Manuar SB-D10	112.9	117.0	
Manuar-TD03	112.4	112.4	
Hiladora BD 200D	175.4	174.7	
Enconadora R20	40.8	42.2	

Máquina	OEE	OEE	Disponibilidad	Disponibilidad	Eficiencia	Eficiencia	Calidad	Calidad
Carda DK803	50.15%	59.99%	93.67%	92.29%	53.76%	65.54%	98.88%	99.14%
Carda TC03	54.27%	54.07%	93.81%	90.60%	58.05%	60.10%	99.28%	99.31%
Enconadora R20	74.05%	79.53%	79.73%	89.71%	83.61%	89.51%	98.92%	99.03%

Figura 17. Desempeño antes vs después de la implementación de DMAIC

Para complementar esta mejora operativa, se realizó un análisis comparativo del OEE (Overall Equipment Effectiveness) antes y después de la implementación de las soluciones en las máquinas críticas: Carda DK803, Carda TC03 y Enconadora R20. Como se observa en la imagen, la Enconadora R20 mostró un aumento del OEE del 74.05% al 79.53%, destacando un incremento en eficiencia del 83.61% al 89.51%, y en calidad del 98.92% al 99.03%. Asimismo, la Carda DK803 mejoró su OEE de 50.15% a 59.99%, principalmente por el aumento en eficiencia del 53.76% al 65.54%. Estas mejoras reflejan la efectividad de las estrategias implementadas como 5S, mantenimiento preventivo y trabajo estandarizado, reforzando la estabilidad y el control del proceso productivo.

Fase Controlar: Seguimiento y sostenibilidad de las mejoras

La etapa de Controlar se centró en garantizar la sostenibilidad de las mejoras y evitar regresiones en los procesos (Evans & Lindsay, 2017). Se formalizaron nuevos procedimientos mediante formatos aprobados por la gerencia, incluyendo planes de mantenimiento preventivo, instructivos de limpieza, checklists de turno y protocolos de seguridad. Estos documentos fueron plastificados y colocados en los puestos de trabajo, como

el checklist diario de mantenimiento autónomo en cada carda, para promover su consulta y cumplimiento constante.

Se establecieron indicadores clave de desempeño (KPI) como eficiencia de máquinas, disponibilidad, producción diaria, defectos por millón (ppm), cumplimiento del plan y métricas de seguridad (días sin accidentes, uso correcto de EPP). Estos KPI se monitorean semanalmente y se discuten en reuniones de producción. Cualquier desviación relevante genera investigaciones y acciones correctivas, manteniendo el control estadístico del proceso.

Además, el equipo de calidad realiza auditorías periódicas para verificar el correcto llenado de formatos, cumplimiento del mantenimiento programado y condiciones de orden y limpieza. Se contrastan reportes de producción con grabaciones de video, fortaleciendo la veracidad de los datos y fomentando la responsabilidad del personal.

El componente humano también se reforzó con reconocimientos públicos a quienes alcanzan metas de producción o seguridad, y a quienes proponen mejoras, fomentando una cultura de participación y compromiso.

Gracias a estos controles, se ha mantenido la estabilidad del proceso tanto estadística como administrativamente. Los registros y auditorías demuestran que las mejoras se han sostenido por semanas y los mantenimientos se cumplen conforme al calendario.

CONCLUSIONES

La estrategia DMAIC demostró ser efectiva para estandarizar y mejorar el proceso productivo del hilo poli algodón título 18 en “La Económica”. A través de las fases Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, se logró:

- En la fase Definir se enfocó en un producto estratégico (hilo título 18) y con la organización se alineó metas específicas de calidad, productividad y seguridad. Esto dio

dirección al proyecto y facilitó la colaboración interdisciplinaria (producción, mantenimiento, calidad, seguridad) bajo un objetivo común.

- Mediante la recopilación de datos, la empresa obtuvo su desempeño actual. Esto evidenció las brechas (máquinas operando al 50% de su eficiencia, altos tiempos muertos por fallas y limpiezas), y sirvió que gerencia y el personal entienda la magnitud del problema y sienta la urgencia para el cambio.
- A través de herramientas analíticas (Pareto, Ishikawa, 5 Porqués, AMEF), se diagnosticaron las causas subyacentes de las deficiencias. Se confirmó que problemas (paros, defectos, retrasos) confluían en factores básicos: falta de mantenimiento preventivo, falta de estandarización y formación, y condiciones de trabajo inadecuadas. Este conocimiento permitió diseñar soluciones bien fundamentadas en vez de “parches” superficiales.
- En la fase de Mejorar se actuó sobre cada causa raíz con intervenciones concretas. Se puso en marcha un mantenimiento preventivo programado, se redujo el tiempo muerto por limpieza aplicando técnicas SMED, se normalizaron parámetros de operación y se capacitó a los operarios, se mejoró la seguridad integral y el orden en planta, entre otras acciones. La disponibilidad de las Cardas y la Enconadora aumentó, la producción diaria creció y la calidad del hilo se volvió más consistente. En particular, tras la implementación completa del proyecto, se evidenciaron mejoras cuantitativas en las propiedades del hilo: la resistencia promedio del hilo (tenacidad) aumentó de 16.19 cN/tex a 18.45 cN/tex ($\approx +14\%$), la presencia de neps en el producto final disminuyó de 314 a 201 neps/km ($\approx 36\%$ menos), y la uniformidad de la hilaza mejoró significativamente (reducción del coeficiente de variación de masa de 5.36% a 4.85%). Además, las eficiencias de las máquinas clave aumentaron a niveles cercanos o superiores al 80% (la Enconadora pasó de 83.61% a 89.51%, mientras que las cardas DK803 y TC03

mejoraron de 53.76% a 65.54% y de 58.05% a 60.10% respectivamente), y las condiciones de seguridad mejoraron (actualmente se registran 0 accidentes y 100% de cumplimiento de uso de EPP). Estos resultados muestran un proceso mucho más robusto y controlado que el inicial.

- En la fase Controlar, se estableció las bases para mantener las mejoras, documentar los nuevos procedimientos y monitorear indicadores. “La Económica” está adoptando prácticas de un sistema de calidad moderno. El personal participa en auditorías y reuniones de seguimiento, afianzando la idea de que la mejora continua es una forma de trabajar. Se instauró una cultura de disciplina operativa, proactividad y continuo aprendizaje, que promueve la sostenibilidad de los logros.

En conclusión, los resultados obtenidos confirman la hipótesis de que la metodología DMAIC tuvo un impacto significativo en la estandarización y control del proceso: se han reducido las variaciones operativas, se controlan mejor los factores críticos (CTQ) y el proceso es más predecible y eficiente. “La Económica” ya experimenta mejoras tangibles en la productividad de sus máquinas, en la calidad de su hilo y en la seguridad de sus trabajadores, lo que la encamina a ser más competitiva en el mercado textil.

Se recomienda continuar con el ciclo de mejora, planificando nuevas metas una vez consolidadas las actuales (la automatización de la recolección de datos de calidad, o extender la metodología DMAIC a otros procesos de la fábrica). De esta manera, “La Económica” podrá mantener el impulso de mejora continua y seguir elevando sus estándares de desempeño en el largo plazo.

REFERENCIAS

- Albuja, C. I., & Lanas, G. B. (2019). *Aplicación metodología DMAIC en empresa textil con enfoque en reducción de costo*. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ, Quito.
- Basu, R. (2009). *Implementing six sigma and lean*. Routledge.
- Benavides Flores, K. A. (2019). *Aplicación de herramientas lean:| b caso de estudio en una empresa textil siguiendo una metodología DMAIC* (Master's thesis, Quito).
- Benjamin, S. J., Marathamuthu, M. S., & Murugaiah, U. (2015). The use of 5-WHYs technique to eliminate OEE's speed loss in a manufacturing firm. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 21(4), 419-435.
- Breyfogle III, F. W. (2003). *Implementing six sigma: smarter solutions using statistical methods*. John Wiley & Sons.
- Carrizo, A., & Campos, G. (2011). Single minute exchange of die: a case study implementation. *Journal of technology management & innovation*, 6(1), 129-146.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2019). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation (7th ed.)*. Pearson.
- Dynamox. (2022, 6 de junio). *El papel de la matriz de criticidad en la gestión del mantenimiento*. Recuperado el 8 de abril de 2025, de <https://dynamox.net/es/blog/el-papel-de-la-matriz-de-criticidad-en-la-gestion-del-mantenimiento>
- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2017). *Managing for Quality and Performance Excellence* (10th ed.). Cengage Learning.
- García, R., León, S., Ramirez, I., & García, J. (2017). *Vista de DMAIC – SIX SIGMA*. Recuperado el 12 de abril de <https://iquatroeditores.org/revista/index.php/relayn/article/view/174/265>

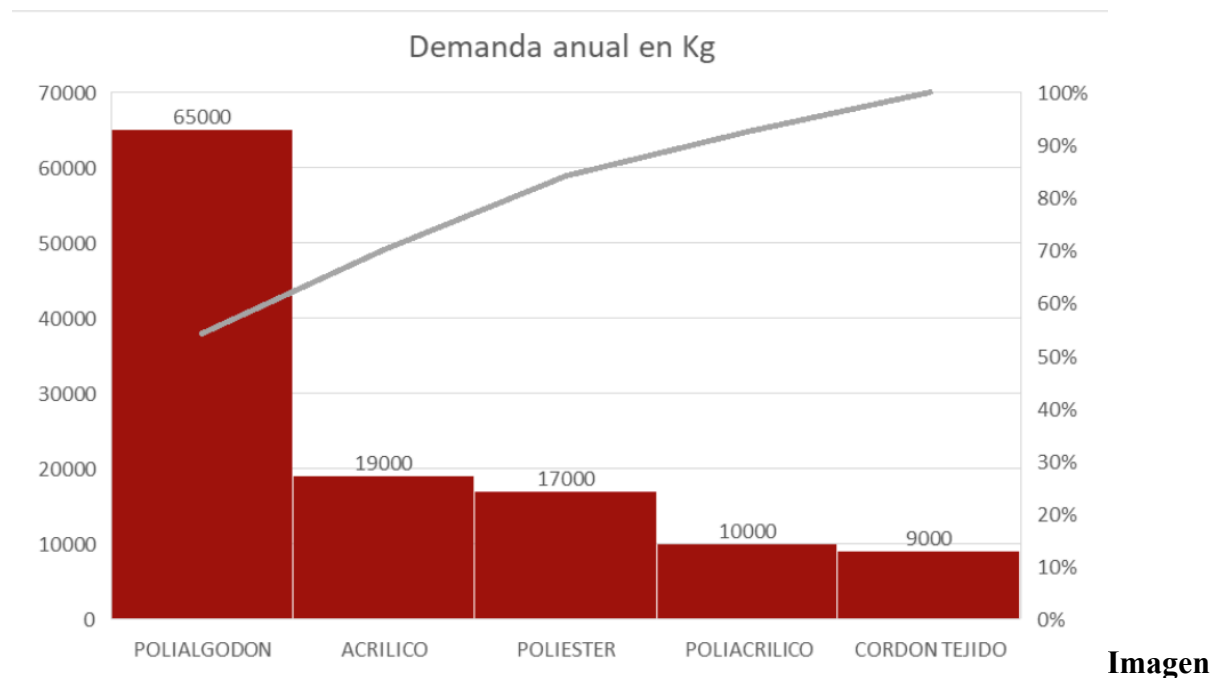
- Grijalva Merino, P. E., & Vallejo Espinoza, M. C. (2015). *RFID, una herramienta secreta para el éxito Descubriendo la factibilidad de la tecnología de información en la Cadena Textil Colombiana* (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2015).
- Gupta, Neha. (2013). *An Application of DMAIC Methodology for Increasing the Yarn Quality in Textile Industry*. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering. 6. 50-65. 10.9790/1684-0615065.
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2013). *Control estadístico de calidad y Seis Sigma* (2ª ed.). McGraw-Hill. Recuperado el 7 de marzo de 2025 de <https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>
- Kidam. (2024.). *Máquinas enconar*. Recuperado el 2 de abril de 2025 de <https://www.kidam.es/maquinas-enconar/>
- Macías, R. Enrique, M. & Villasís K. Ángel, M. (2017). El protocolo de investigación V: el cálculo del tamaño de muestra. *Revista alergia México*, 64(2), 220-227. <https://doi.org/10.29262/ram.v64i2.267>
- McDermott, R. E., Mikulak, R. J., & Beauregard, M. R. (2009). *Fmea*. New York: Taylor & Francis Group.
- Monday, L. M. (2022). Define, measure, analyze, improve, control (DMAIC) methodology as a roadmap in quality improvement. *Global journal on quality and safety in healthcare*, 5(2), 44.
- Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control* (7th ed.). John Wiley & Sons.
- Montgomery, D. C. (2019). *Statistical Quality Control: A Modern Introduction*. John Wiley & Sons.
- Montgomery, D. C. (2020). *Introduction to statistical quality control*. John wiley & sons.

- Niebel, B. (2009). *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseños de trabajo*. México: McGraw Hill
- Paredes, W. (2012). *Implementación de un Sistema de Reproceso con Algodón Rechazado en la Empresa Textil La Internacional* (Bachelor's thesis).
- Pérez, J., Gómez, M., & Rodríguez, L. (2020). *Aplicación de la metodología DMAIC para la mejora de procesos industriales*. *Revista de Ingeniería Industrial*, 12(3), 45-58.
- Perinat, M. (1997). *Capítulo 6 - Los hilos y la hilatura*. Recuperado el 5 de enero de 2025 de <https://programadetextilizacion.blogspot.com/2014/12/capitulo-6-maria-de-perinat-1997-2000.html>
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2014). *The Six Sigma handbook* (4th ed.). McGraw-Hill Education. <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071840538>
- Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). *Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study*. Recuperado el 17 de marzo de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042818300697>
- Uster Technologies AG (2018). *USTER® STATISTICS 2018 – The industry's quality language enters a new dimension*
- Yepes, F. (2021). *Herramientas estadísticas aplicadas en la fase de análisis del ciclo DMAIC*. *Journal of Quality Management*, 8(1), 22-35.

ANEXO A: DEFINIR

Imagen A1: Maquinas

Imagen A2: Pareto de la familia estrella de productos de la empresa “La Económica”



A3: Pareto del título estrella dentro de la familia del poli algodón

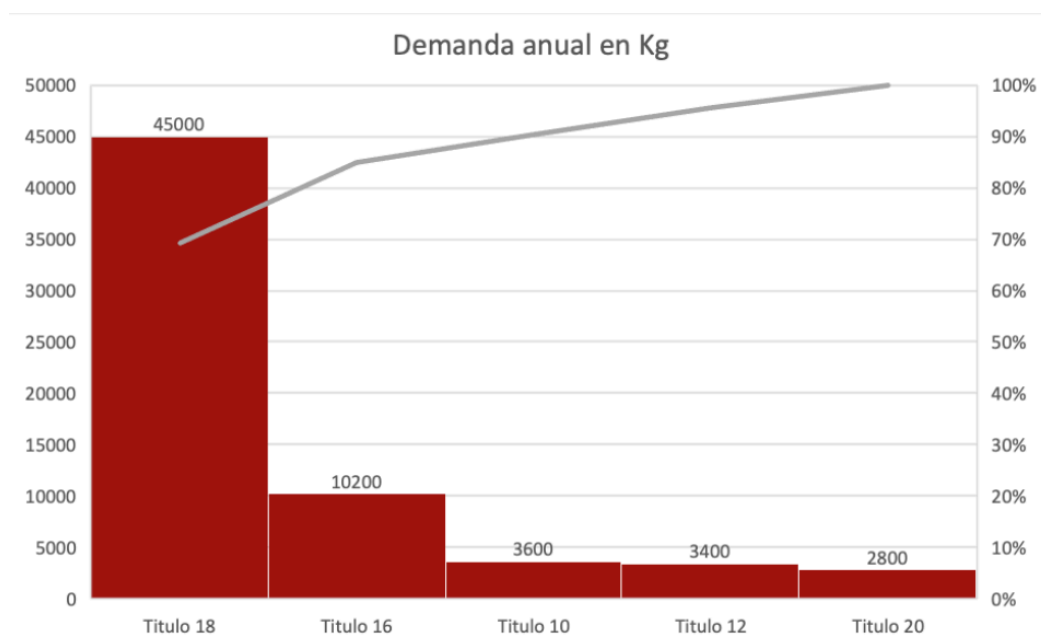


Imagen A4: Diagrama BPMN diagramado en Bizagi.

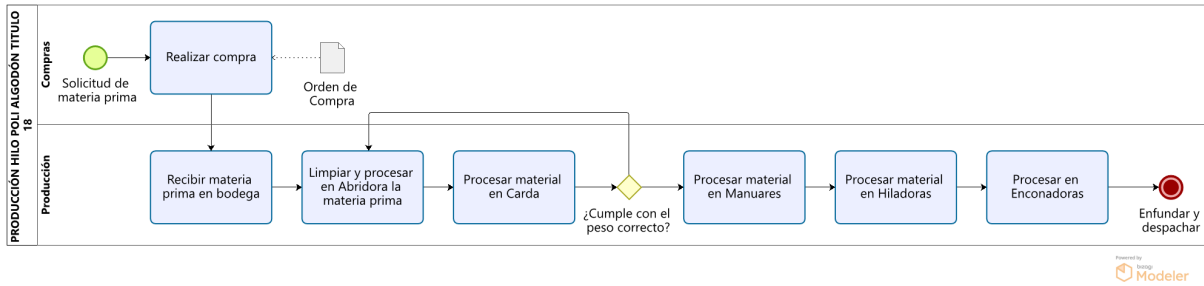


Imagen A4: Diagrama SIPOC

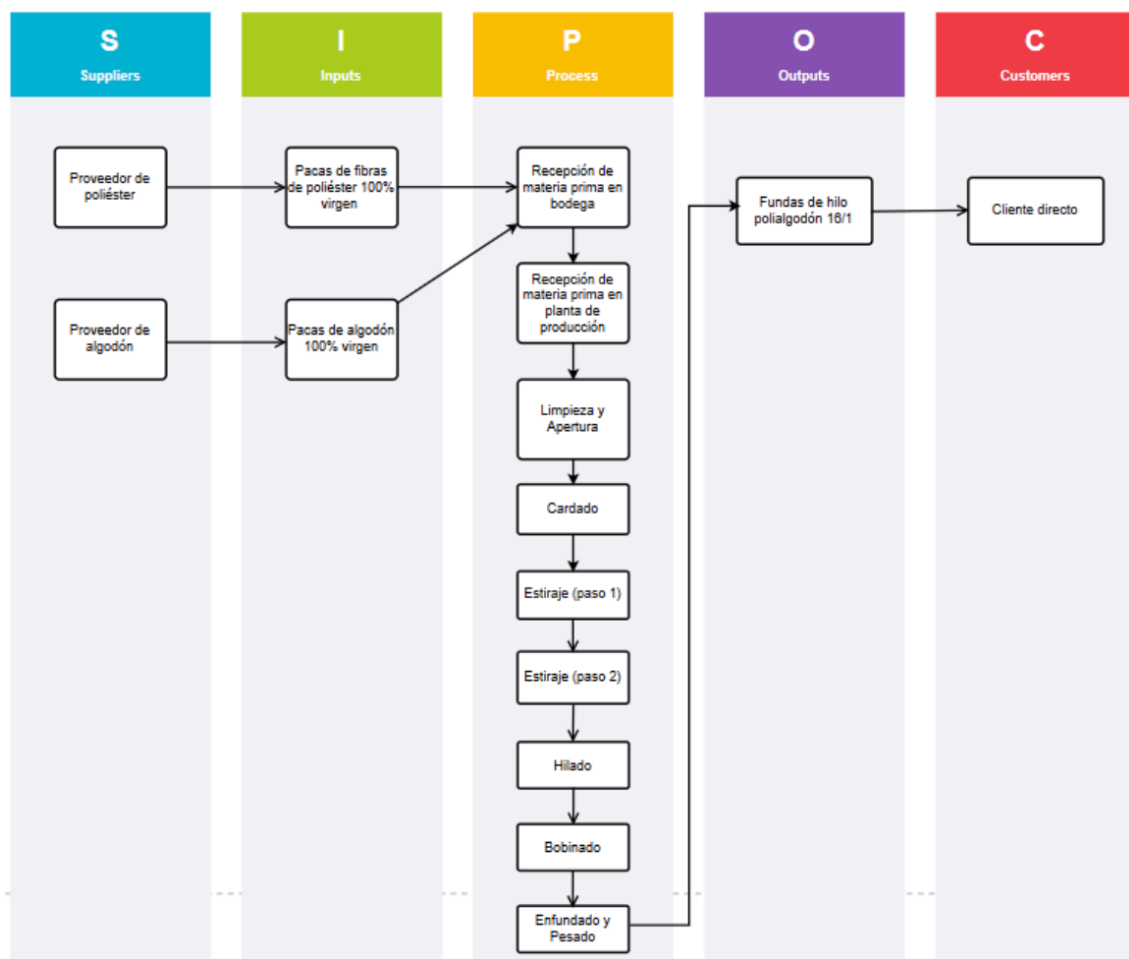


Imagen A5: Proceso productivo del hilo título 18 en “La Económica”



ANEXO B: MEDIR

Imagen B1: Variables Productividad del Proceso

Variable	Unidad	Frecuencia	Fuente de Datos
Tiempo planificado	Minutos	Diario	Reportes operacionales / validación cámaras de video
Producción esperada	Kg	Diario	Reportes operacionales / validación cámaras de video
Producción real	Kg	Diario	Reportes operacionales / validación cámaras de video
Cantidad defectuosa	Kg	Diario	Reportes operacionales / validación cámaras de video
Paradas Planificadas	Minutos	Diario	Reportes operacionales / validación cámaras de video
Paradas NO Planificadas	Minutos	Diario	Reportes operacionales / validación cámaras de video
Modelo máquina	-	Una vez	Manuales

Imagen B2: Variables Calidad del Producto

Variable	Unidad	Frecuencia	Fuente de Datos
Oportunidades de defectos	Unidades	Mensual	Voz de la empresa
Estándares de calidad para hilo	-	Mensual	Análisis en laboratorio
Estiraje	%E	Una vez	Laboratorio
Resistencia a la ruptura	Tenacidad	Una vez	Laboratorio
Uniformidad Neps	CV%	Una vez	Laboratorio

Imagen B3: Variables Seguridad Laboral

Variable	Unidad	Frecuencia	Fuente de Datos
Protección ante riesgos laborales	-	Mensual	Inspección / Tablas de registro

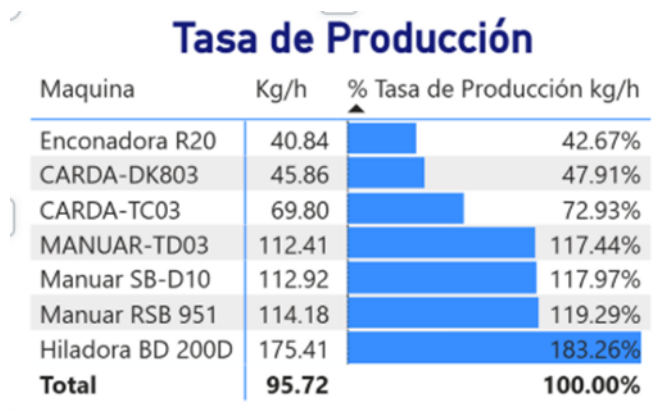


Imagen C4: Gráfico de barras de la Eficiencia de las máquinas.

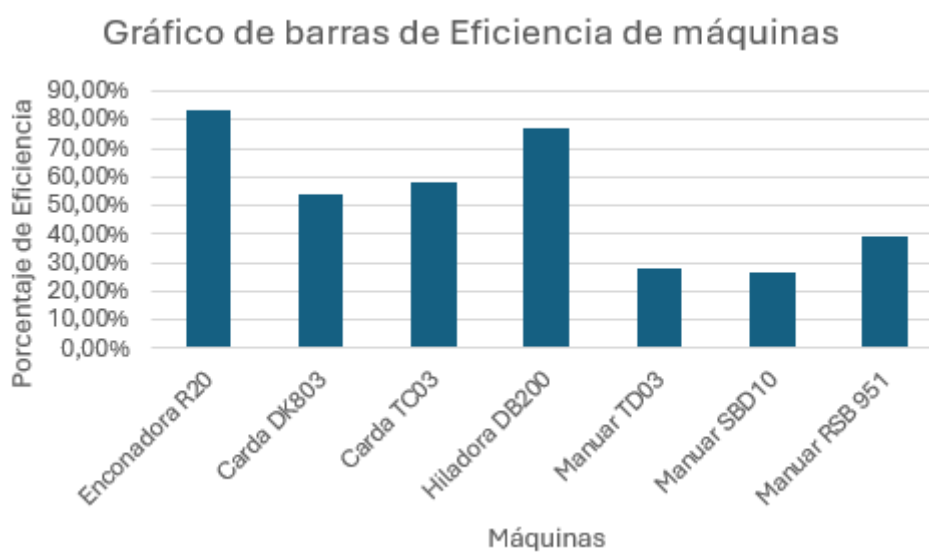


Imagen C5: Gráfica de tiempo operativo de cada máquina del proceso productivo.

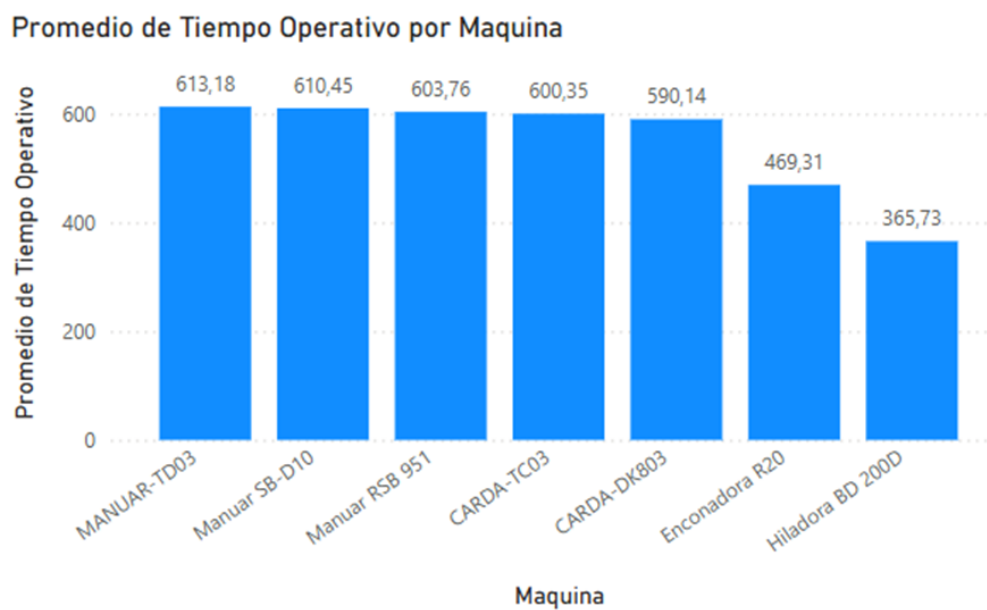


Imagen C6: Tabla de paradas planificadas por máquina del proceso productivo en Power BI.

Maquina	Paradas Planificadas	%Paradas Planificadas
Enconadora R20	165,00	23,49%
Hiladora BD 200D	127,39	18,14%
CARDA-DK803	90,00	12,81%
CARDA-TC03	80,00	11,39%
Manuar RSB 951	80,00	11,39%
Manuar SB-D10	80,00	11,39%
MANUAR-TD03	80,00	11,39%
Total	100,34	100,00%

Imagen C7: Paradas No Planificadas por Máquina en PowerBI.

Maquina	Paras No Planificadas	% Paras No Planificadas
Hiladora BD 200D	226,87	46,81%
Enconadora R20	85,69	17,68%
CARDA-DK803	39,86	8,22%
CARDA-TC03	39,65	8,18%
Manuar RSB 951	36,24	7,48%
Manuar SB-D10	29,55	6,10%
MANUAR-TD03	26,82	5,53%
Total	69,24	100,00%

Imagen C8: Matriz de impacto de Cardas.

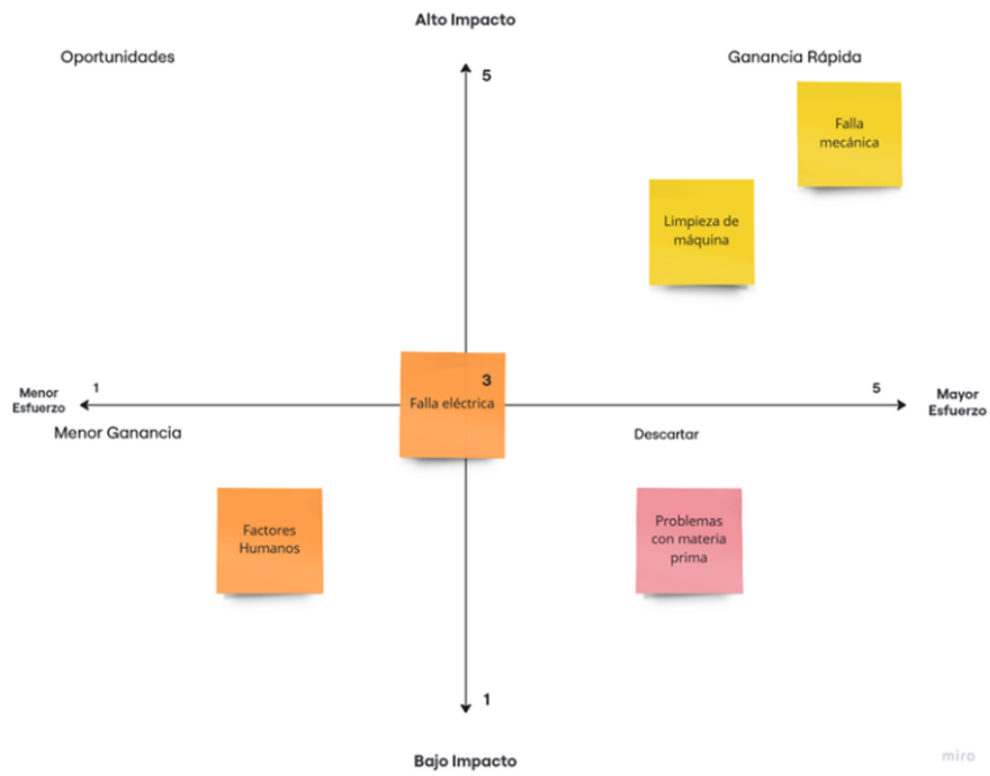


Imagen C17: Análisis AMEF mantenimiento de máquinas Cardas.

Nº	Función del Proceso	Modo de Falla	Efecto de Falla	Severidad	Causas de Falla	Probabilidad de Ocurrencia	Control	Probabilidad de Detección	NPR	Acciones Correctivas
1	Mantenimiento	Falta de mantenimiento preventivo	Falla de componentes mecánicos, detención del proceso	9	No hay un plan de mantenimiento estructurado	8	Registro manual de fallas	6	432	Implementar un programa de mantenimiento preventivo y predictivo con sensores de monitoreo.
2	Mantenimiento	Lubricación insuficiente	Mayor fricción y desgaste acelerado de piezas	8	Omisión de rutinas de lubricación	8	Revisiones visuales ocasionales	5	320	Crear un plan de lubricación estandarizado y capacitar al personal en su cumplimiento.
3	Mantenimiento	Falta de monitoreo de condiciones de la máquina	Fallas inesperadas y paradas no planificadas	9	No hay sensores o herramientas de diagnóstico	7	Inspección visual ocasional	4	252	Incorporar sensores de vibración y temperatura para monitoreo en tiempo real.
4	Mantenimiento	Falta de repuestos disponibles	Aumento del tiempo de inactividad por reparaciones prolongadas	8	No hay inventario de repuestos críticos	6	Revisión de stock solo ante fallas	5	240	Establecer un sistema de inventario de repuestos críticos con reposición automática.
5	Mantenimiento	Capacitación insuficiente del personal de mantenimiento	Errores en la reparación y retrasos en solución de fallas	7	Falta de entrenamiento en diagnóstico y reparación	6	Supervisión esporádica	5	210	Implementar capacitaciones periódicas para el personal de mantenimiento.

Imagen C18: Análisis AMEF excesivo tiempo de limpieza de Cardas.

Nº	Función del Proceso	Modo de Falla	Efecto de Falla	Severidad	Causas de Falla	Probabilidad de Ocurrencia	Control	Probabilidad de Detección	NPR	Acciones Correctivas
1	Limpieza	Excesivo tiempo de limpieza	Reducción de disponibilidad de la máquina y retrasos en producción	7	Falta de un procedimiento eficiente de limpieza	9	Limpieza manual sin tiempos estándar	5	315	Optimizar los procedimientos de limpieza, usar herramientas adecuadas y evaluar sistemas automáticos de extracción de residuos.
2	Limpieza	Acumulación excesiva de residuos en la máquina	Aumento del tiempo de limpieza y riesgo de fallas mecánicas	8	Falta de sistemas eficientes de extracción de polvo y residuos	8	Inspección visual ocasional	4	256	Implementar sistemas de extracción de polvo y mejorar la frecuencia de mantenimiento.
3	Limpieza	Uso de herramientas inadecuadas para la limpieza	Ineficiencia y mayor tiempo empleado en el proceso	6	Falta de equipos especializados para la limpieza	7	Revisión visual manual	5	210	Adquirir herramientas y productos de limpieza adecuados para mejorar la eficiencia.
4	Limpieza	Personal no capacitado en técnicas eficientes de limpieza	Retrasos en la limpieza y errores en la ejecución	6	Falta de entrenamiento en procedimientos de limpieza	7	Supervisión esporádica	4	168	Implementar capacitaciones para optimizar tiempos de limpieza y técnicas adecuadas.
5	Limpieza	Frecuencia de limpieza inadecuada	Afecta la productividad por tiempos innecesarios de inactividad	7	No existe un plan de limpieza estandarizado	8	Registro manual sin tiempos definidos	4	224	Establecer un plan de limpieza programado basado en la demanda operativa y necesidad real.

Imagen C22: Lista de verificación de Setup y carga/descarga Enconadora.

Checklist

SETUP Y CARGA/DESCARGA EN LA ENCONADORA

Fecha: 16 de Enero del 2025
Turno: Mañana
Operador: Operador 3

Setup de la Máquina

	Si	No
¿Se realiza la limpieza de la máquina antes del setup?	X	
¿Las herramientas necesarias están organizadas y disponibles?		X
¿Los insumos están preparados antes de iniciar el setup?		X
¿El operador sigue un procedimiento estándar para el setup?		X
¿Se verifican los parámetros de la máquina antes de comenzar la operación?	X	

Carga y Descarga de Material

	Si	No
¿El material está disponible en el área antes de iniciar la carga?		X
¿Se identificaron tiempos muertos en la carga/descarga?		X
¿El proceso de carga y descarga se realizó sin interrupciones?		X
¿Se registraron retrasos por falta de insumos o fallas en el equipo?	X	
¿Se respetan los procedimientos estándar de carga y descarga?		X

Imagen C23: (AMEF) - Excesivo Tiempo de Setup en la Enconadora.

N°	Modo de Falla	Efecto de Falla	Severidad (S)	Causa de Falla	Ocurrencia (O)	Controles Actuales	Detección (D)	NPR (SxOxD)	Acciones Correctivas
1	Falta de herramientas listas antes del setup	Retraso en el inicio del proceso	8	Falta de organización y disponibilidad de herramientas	7	Revisión manual antes del setup	5	280	Implementar una estación de herramientas estandarizada y checklist previo al setup
2	Falta de capacitación del operador	Errores en el procedimiento, tiempos muertos	7	Procedimiento no estandarizado	6	Capacitación esporádica	6	252	Capacitación periódica y estandarización del procedimiento
3	Ajustes repetitivos en la máquina	Mayor tiempo de inactividad	9	Falta de estandarización de parámetros	6	Pruebas de ensayo y error	4	216	Definir y documentar parámetros estándar de configuración
4	Falta de materiales listos antes del setup	Espera por insumos y retraso en el inicio	7	Mala planificación del abastecimiento	5	Aviso manual al operador	6	210	Implementar sistema de prelistamiento de insumos
5	Falta de mantenimiento preventivo	Desgaste de componentes, ajustes adicionales	9	Mantenimiento reactivo en lugar de preventivo	6	Inspecciones visuales ocasionales	5	270	Implementar un programa de mantenimiento preventivo con sensores de monitoreo

Imagen C24: AMEF - Excesivo Tiempo de Carga y Descarga en la Enconadora.

Nº	Modo de Falla	Efecto de la Falla	Severidad (S)	Causa de la Falla	Ocurrencia (O)	Controles Actuales	Detectabilidad (D)	NPR (S×O×D)	Acciones Correctivas
1	Falta de materiales listos para la carga	Retrasos en el inicio del proceso	8	Falta de planificación en la entrega de materiales	7	Verificación manual de stock	6	336	Implementar un sistema de planificación y abastecimiento
2	Materiales mal organizados en la zona de carga	Aumento del tiempo de búsqueda y manipulación	7	Falta de estandarización en el almacenamiento	6	Supervisión ocasional	5	210	Diseñar un layout optimizado para almacenamiento y estandarizar procedimientos
3	Uso ineficiente de equipos de carga	Movimientos innecesarios y demoras	6	Falta de capacitación del personal en uso de equipos	5	Capacitación esporádica	4	120	Capacitación periódica y asignación de responsables
4	Procedimientos de carga y descarga ineficientes	Tiempos muertos y riesgo de accidentes	9	Falta de procedimientos estandarizados	7	Inspección visual	5	315	Estandarizar procedimientos de carga y entrenar al personal
5	Falta de herramientas o equipos adecuados	Mayor esfuerzo físico y demoras	8	Falta de mantenimiento y planificación	6	Revisión esporádica de herramientas	4	192	Implementar mantenimiento preventivo de equipos de carga

Imagen C25: SMED de actividad carga y descarga de máquina enconadora

Se inicia la carga y descarga del hilo de la máquina													
Fecha: 16/03/2025													
Área: Enconadora													
No.	Operación de Cambio	Operadores					Tiempo Acumulado	Tiempo Real	Duración min	Tiempo Potencial	Clasificación del Cambio		Comentario
		1	2	3	4	5					Interno	Externo	
0	Inicia Carga y descarga	x					0:00:00	7:00:00			x		
1	Buscar conos vacíos	x					0:15:00	7:15:00	15,00	0:06:00		x	Sin organización, se recomienda 5S y Kanban
2	Desechar conos no óptimos	x					0:20:00	7:20:00	5,00	0:02:00		x	Falta de control visual
3	Verificar etiquetas/fundas plásticas	x					0:25:00	7:25:00	5,00	0:01:00		x	Parte de la preparación visual
4	Colocar conos en los usos (todos)	x					0:45:00	7:45:00	20,00	0:05:00	x		Lento por falta de guía de colocación
5	Esperar finalización del cono anterior	x					0:48:00	7:48:00	3,00		x		Inamovible
6	Parar la máquina manualmente	x					0:51:00	7:51:00	3,00		x		
7	Retirar conos usados	x					0:59:00	7:59:00	8,00		x		No hay secuencia definida
8	Llevar conos terminados para enfundar	x					1:06:00	8:06:00	7,00	0:02:00		x	No hay ruta definida
9	Limpiar base del cono antes de nueva carga	x					1:12:00	8:12:00	6,00	0:02:00	x		Falta Kanban
10	Retirar conos de Hila (open end)	x					1:17:00	8:17:00	5,00		x		
11	Colocar conos en coche	x					1:22:00	8:22:00	5,00			x	Trabajo externo antes del cambio
12	Colocar nuevos conos	x					1:26:00	8:26:00	4,00		x		
13	Empatar hilos de nuevo lote	x					1:36:00	8:36:00	10,00	0:01:00	x	x	Sin guía → provoca errores o repeticiones
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
Tiempo Total									96,00		59,00	37,00	
Desperdicio Total										17,00			

Imagen C27: Tabla de resultado de análisis USTER de identificación de defectos.

Defecto	Resultado Obtenido (/km)	Interpretación
Delgado (-40%)	284/km	Alto número de defectos delgados; podría generar áreas débiles en el tejido.
Delgado (-50%)	14/km	Bajo número, dentro de límites aceptables.
Delgado (-60%)	0/km	Sin defectos detectados en este rango.
Grueso (+50%)	724/km	Número muy elevado; esto puede generar irregularidades visibles en el tejido.
Grueso (+70%)	259/km	También elevado; afecta la estética y uniformidad del tejido final.

ANEXO D: IMPLEMENTAR

Imagen D1: EPP para operadores



Imagen D2: Uniforme 1 para operadores



Imagen D3: Uniforme 2 para operadores



Imagen D4: Uniforme 3 para operadores



Imagen D5: Señalética de uso de EPP en hiladoras

Antes

Después



Imagen D6: Señalética de uso de EPP en zona de enfundado

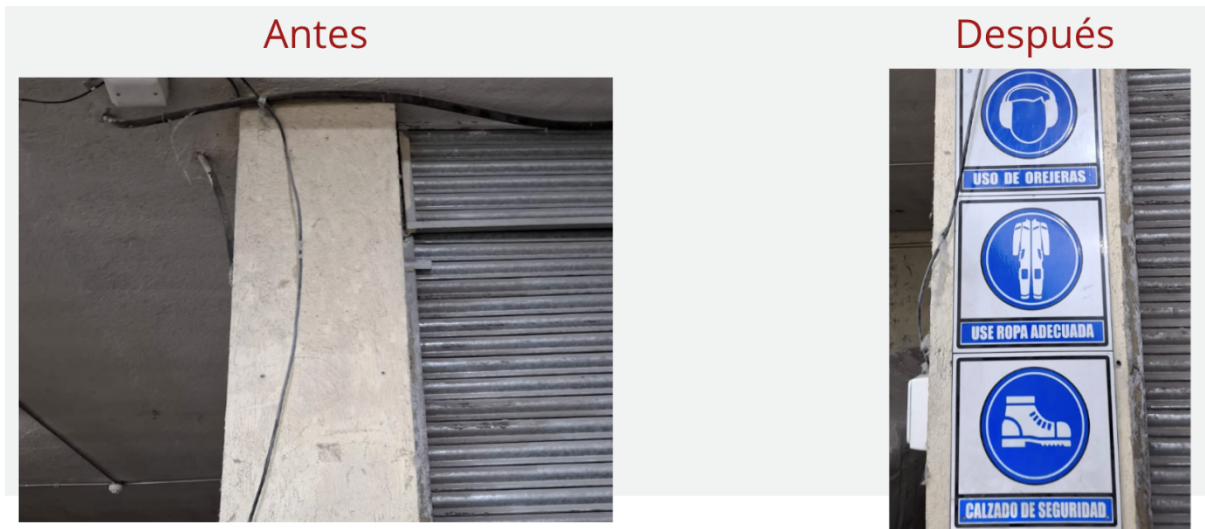


Imagen D7: Señalética de riesgo de atrapamiento en área productiva

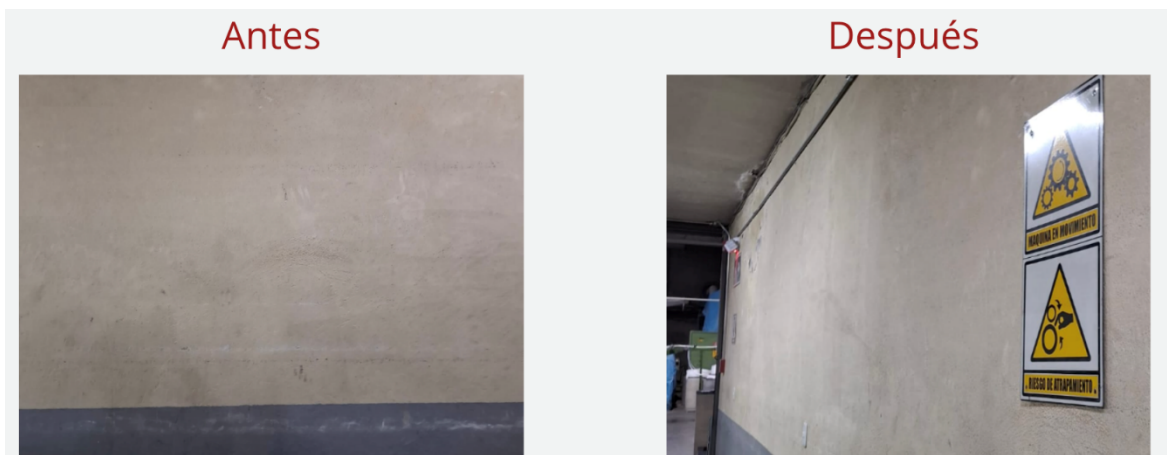


Imagen D8: Botiquines



Imagen D9: Tablero Visual

TABLERO KANBAN CARDA		
PENDIENTE	EN PROCESO	TERMINADO
Limpiar polvo y pelusa de la estructura externa de la carda Limpiar cubierta de protección de sensores Limpiar bandeja o área de residuos bajo la carda Verificar limpieza general al final del turno	Limpiar base de soporte antes de colocar nuevo cono	Barrer el área de trabajo alrededor de la máquina

Imagen D10: Poka Yoke para área de enconadora

Correcta forma de trabajo	Incorrecta Realización
	
	
	

Imagen D11: Poka Yoke para área de enconadora



Imagen D12: Hoja Estándar de Limpieza

HOJA DE TRABAJO ESTÁNDAR				Limpieza	
Estandarización de proceso de preparación					
Actividad:		Símbolo			
Proceso de Preparación					
Tipo	Máquina:	Carda			
	Producto:	Poli algodón 18			
	Tamaño de Lote (unds.):	NA			
Actividad		Duración (minutos)	Símbolo	Ejecución y comentarios	Ilustración
1 Preparación		5.0 Min.		Limpiar polvo y pelusa de la estructura externa de la carda.	Imagen 1
2 Retiro de residuos visibles		5.0 Min.		Barrer el área de trabajo alrededor de la máquina.	Imagen 2
3 Limpieza de componentes		15.0 Min.		Limpiar con viledas/cepillos superficies, agujas, peines, platinas, panel de control.	Imagen 3
4 Limpieza profunda de partes internas		25.0 Min.		Limpiar cubierta de protección de sensores.	Imagen 4
5 Revisión de sistemas de lubricación		10.0 Min.		Limpiar bandeja o área de residuos bajo la carda.	Imagen 5
Suma de todas las actividades		60 Min.			Tipo de actividad:
Número de personas (área)					

Imagen D13: SMED con implementaciones máquina Enconadora

Se inicia la carga y descarga del hilo de la máquina													
Área: Enconadora						Fecha: 16/03/2025							
No.	Operación de Cambio	Operadores				Tiempo Acumulado	Tiempo Real	Duración min	Tiempo Potencial	Clasificación del Cambio		Desperdicio	Comentario
		1	2	3	4					5	Interno		
0	Inicia Carga y descarga	x					0:00:00	7:00:00			x		
1	Buscar conos vacíos	x					0:10:00	7:10:00	10,00			x	Kanban + 5S: conos organizados por lote
2	Desechar conos no optimos	x					0:14:00	7:14:00	4,00			x	
3	Verificar etiquetas/fundas plasticas	x					0:18:00	7:18:00	4,00			x	
4	Colocar conos en los husos (todos)	x					0:30:00	7:30:00	12,00		x		Poka Yoke para posicionamiento correcto
5	Esperar finalización del cono anterior	x					0:33:00	7:33:00	3,00		x		
6	Parar la máquina manualmente	x					0:36:00	7:36:00	3,00		x		
7	Retirar conos usados	x					0:41:00	7:41:00	5,00		x		
8	Llevar conos terminados para enfundar	x					0:46:00	7:46:00	5,00			x	Poka Yoke en coches: separación por lote
9	Limpiar base del cono antes de nueva carga	x					0:51:00	7:51:00	5,00		x		
10	Retirar conos de Hila (open end)	x					0:56:00	7:56:00	5,00		x		
11	Colocar conos en coche	x					1:01:00	8:01:00	5,00			x	
12	Colocar nuevos conos	x					1:05:00	8:05:00	4,00		x		
13	Empatar hilos de nuevo lote	x					1:11:00	8:11:00	6,00		x		Poka Yoke visual para tensión y dirección del hilo
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
Tiempo Total								71,00		43,00	28,00		
Desperdicio Total									17,00				

Imagen D14: Capacitaciones a operadores



Imagen D15: Dashboard Power BI – visualización de Producción

Maquina		Operador		Fecha	
Todas		Todas		Todas	
OEE	Sigma	Disponibilidad	Eficiencia	Producción kg/h	
49,02%	3,80	91,45%	56,29%	5,43 mil	
Maquina	Paradas NO Planificadas	Paradas Planificadas	Tasa de Producción kg/h	Cantidad defectuosa	
Hiladora BD 200D	1519	1080	1.397,23	133,89	
Manuar RSB 951	0	880	936,03	125,00	
MANUAR-TD03	0	880	936,03	125,00	
Manuar SB-D10	0	880	936,03	119,70	
CARDA-TC03	421	560	522,34	35,00	
CARDA-DK803	340	630	398,65	33,00	
Total	2745	6150	5.431,50	596,47	

ANEXO E: GLOSARIO

Open-End: Método de hilado que usa un rotor para producir hilo sin torsión continua, optimizando la velocidad y eficiencia.

Ktex: Unidad que mide la masa lineal del hilo, expresada en gramos por 1,000 metros de hilo. Ejemplo: 18 ktex = 18gr de hilo en 1 metro

Título del hilo: Indicador del grosor del hilo, medido en sistemas como tex, denier o Ne.

DMAIC: Metodología de mejora de procesos en Six Sigma, basada en cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

Neps: Aglomeraciones de fibra en el hilo que afectan su uniformidad y calidad.

Uniformidad del hilo: Medida de la variabilidad del grosor del hilo a lo largo de su longitud, expresada en coeficiente de variación (CV%).

Estiraje: Proceso que alarga y afina las fibras del hilo para lograr un grosor uniforme.

Resistencia a la ruptura: Fuerza máxima que soporta un hilo antes de romperse, expresada en cN/tex.

Uster Tester: Dispositivos avanzados utilizados en la industria textil para analizar la calidad del hilo, evaluando parámetros como uniformidad (CV%), neps, espesor, defectos, resistencia a la ruptura y elongación.