



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EMPRESARIAL**

Implementación de la metodología Six Sigma en los procesos
productivos en una empresa de vidrios, Rioja 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Empresarial

AUTORA:

Fernandez Piña, Diana Patricia (0000-0003-2137-2746)

ASESOR:

Mg. Trujillo Valdiviezo, Guido (0000-0002-3019-6599)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Operaciones y Procesos de Producción

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA - PERÚ

2023

DEDICATORIA

Este trabajo de tesis se lo dedico a mi familia y especialmente a mis padres que fueron los que siempre estuvieron a mi lado apoyándome y animándome a conseguir todos los objetivos propuestos, que, con su ejemplo, sus consejos y enseñanzas hicieron de mí una mejor persona y estudiante logrando que no solo me formara como profesional sino como un ciudadano consciente de su responsabilidad para aportar su granito de arena para mejorar la sociedad presente. A mi esposo con su apoyo adicional y motivándome día a día a no rendirme y continuar con mis objetivos planteado para salir adelante por nuestro pequeño hogar.

AGRADECIMIENTO

Con mucho agradecimiento a mis padres, a mi esposo y a mi motivación más grande que es mi hijo, por su constantes alientos y consejos.

También quiero agradecer a mis profesores que durante estos cinco años de permanencia en esta universidad me enseñaron y formaron como profesional de éxito.

Así como también a mi asesor Guido Trujillo por estar semana a semana indicándome y guiándome para que este trabajo sea un gran éxito.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Variables y operacionalización	11
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5. Procedimientos	15
3.6. Método de análisis de datos	16
3.7. Aspectos éticos	16
IV. RESULTADOS	18
V. DISCUSIÓN	66
VI. CONCLUSIONES	70
VII. RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS	72
ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Técnicas e instrumentos	15
Tabla 2.	Resumen de la guía de verificación	19
Tabla 3.	Eficiencia pretest	21
Tabla 4.	Eficacia pretest	22
Tabla 5.	Efectividad pretest	23
Tabla 6.	Resumen del pretest de la productividad	25
Tabla 7.	Evaluación de las CR	29
Tabla 8.	Análisis de Pareto	29
Tabla 9.	Defectos de cortes	30
Tabla 10.	Medición de los cortes	31
Tabla 11.	Control estadístico	32
Tabla 12.	Tabla ponderativa del nivel sigma	34
Tabla 13.	Seguimiento de cumplimiento de las 5'S	44
Tabla 14.	Proceso de cortado de piezas	45
Tabla 15.	Guía de inspección	47
Tabla 16.	Resumen de la guía de verificación post implementación	48
Tabla 17.	Medición de cortes post test	49
Tabla 18.	Control estadístico post test	50
Tabla 19.	Eficiencia post test	54
Tabla 20.	Eficacia post test	55
Tabla 21.	Efectividad post test	56
Tabla 22.	Resumen post test de la productividad	57
Tabla 23.	Resultados pretest y post test	58
Tabla 24.	Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov	59
Tabla 25.	Prueba T para muestras emparejadas	60
Tabla 26.	Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov, eficiencia	61
Tabla 27.	Prueba T para muestras emparejadas, eficiencia	62
Tabla 28.	Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov, eficacia	63
Tabla 29.	Prueba T para muestras emparejadas, eficacia	63
Tabla 30.	Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov, efectividad	64
Tabla 31.	Prueba T para muestras emparejadas, efectividad	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Organigrama de la empresa de vidrios	19
Figura 2.	Tendencia del cumplimiento de los parámetros del DMAIC	20
Figura 3.	Tendencia de los indicadores de la productividad, pretest	25
Figura 4.	Mapa de procesos de la empresa de vidrios	26
Figura 5.	Diagrama de operaciones de fabricación – ventas sistema nova	27
Figura 6.	Diagrama causa efecto	28
Figura 7.	Diagrama de Pareto	29
Figura 8.	Gráfico de control de los cortes y defectos	33
Figura 9.	VSM actual de la empresa	36
Figura 10.	VSM mejorado	38
Figura 11.	Producto terminado, sistema nova	39
Figura 12.	Flujo de la clasificación	39
Figura 13.	Tarjeta verde	40
Figura 14.	Tarjeta amarilla	40
Figura 15.	Tarjeta roja	40
Figura 16.	Cortadora de madera y aluminio Makita – cortadora operativa	41
Figura 17.	Taladros en mantenimiento	41
Figura 18.	Cortador con punta diamante desgastado	42
Figura 19.	Flujo del ordenamiento	42
Figura 20.	Orden del área de producción de la empresa	42
Figura 21.	Flujo de la limpieza	43
Figura 22.	Limpieza y recogida de desechos de los insumos	43
Figura 23.	Estandarización	44
Figura 24.	Proceso de cortado	46
Figura 25.	Inspección del proceso	47
Figura 26.	Tendencia del cumplimiento post aplicación del DMAIC	48
Figura 27.	Gráfico de control de los cortes post test	51
Figura 28.	Tendencia de los indicadores de la productividad, post test	57
Figura 29.	Gráfica estadística de la mejora de la productividad	58

RESUMEN

La presente investigación tuvo el objetivo de determinar el efecto de implementar la metodología Six Sigma en los procesos productivos de una empresa de vidrios, con esa finalidad se empleó una metodología aplicada, preexperimental, considerando como muestra a los pedidos de ventanas de sistema nova dos meses antes y después de la mejora. Además, para recopilar la información se utilizó una guía de verificación y formatos documentales de producción.

Obteniendo que el cumplimiento de los procesos según el Six Sigma llegó al 46.67%, la eficiencia fue del 61.57%, la eficacia llegó a un 69.69% y la efectividad de los procesos llegó al 42.91%. Estos valores evidenciaron deficiencias en la gestión de los procesos productivos por lo que se implementaron las pautas del DMAIC, aplicando el VSM, 5'S, gestión por procesos y formatos de control.

En el post test se obtuvo una eficiencia del tiempo de los procesos productivos del 96.23%, una eficacia del 93.15% y una efectividad del 89.64%, en suma los procesos productivos llegaron a un cumplimiento del 93.01%, representado una mejora del 34.95% con respecto al diagnóstico inicial, concluyendo que la implementación de la metodología Six Sigma mejora los procesos productivos de la empresa de vidrios, Rioja 2023.

Palabras clave: Implementación, Six Sigma, DMAIC, procesos, empresa de vidrios.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the effect of implementing the Six Sigma methodology in the production processes of a glass company. For this purpose, an applied, pre-experimental methodology was used, considering the orders for nova system windows for two months as a sample. before and after improvement. In addition, a verification guide and production documentary formats were used to collect the information.

Obtaining that the compliance of the processes according to Six Sigma reached 46.67%, the efficiency was 61.57%, the effectiveness reached 69.69% and the effectiveness of the processes reached 42.91%. These values showed deficiencies in the management of production processes, so the DMAIC guidelines were implemented, applying the VSM, 5'S, process management and control formats.

In the post test, a time efficiency of the productive processes was obtained of 96.23%, an efficiency of 93.15% and an effectiveness of 89.64%, in sum the productive processes reached a compliance of 93.01%, representing an improvement of 34.95% with regarding the initial diagnosis, concluding that the implementation of the Six Sigma methodology improves the production processes of the glass company, Rioja 2023.

Keywords: Implementation, Six Sigma, DMAIC, processes, glass company.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente es notorio observar el avance industrial y empresarial a nivel mundial, el mismo que se ha dado tanto en el campo productivo como organizacional, es así que, para que las empresas logren estos avances, a través del tiempo han ido implementando y aplicando métodos para mejorar sus procesos y optimizar sus recursos, posicionándose mejor en el mercado (Medina et al., 2019), no obstante, se han visto casos de organizaciones que por no tener mecanismos de planificación ni herramientas para mejorar sus procesos, han tenido que menguar su producción corriendo el riesgo de cerrar sus operaciones (Vásquez et al., 2021).

Bajo esta realidad se encuentran las empresas productoras y manipuladoras de vidrio y afines, ya que en los últimos años se están registrando una disminución de este tipo de empresas a nivel internacional, es así que hasta el año 2019, en España, se vio una reducción de este tipo de empresas de un 3.87% con respecto al año anterior, índice que ha ido aumentando, todo esto generado porque estas organizaciones no implementan metodologías de mejora en sus procesos, repercutiendo en sus niveles productivos lo cual ha conllevando que muchas de estas empresas quiebren o se estanquen comercialmente (Statista, 2022).

En Latinoamérica este tipo de empresas encuentran su mayor crecimiento en países como Brasil, Argentina y México, los cuales encabezan la lista como los mayores productores y exportadores de artículos e insumos de vidrio, con una proyección de crecimiento del 7% para los próximos años (SampleReport, 2023), sin embargo, para el resto de países latinoamericanos la situación de estas empresas es diferente por el incremento en las tarifas de insumos y materias primas y por la falta de gestión en los procesos de producción, dificultando de esta forma el desarrollo empresarial de las pequeñas organizaciones dedicadas a este rubro (Galeano, 2022).

En el Perú la realidad de las empresas fabricantes de artículos de vidrio no es distinta ya que atravesaron serias pérdidas ocasionadas por los eventos pandémicos, sociales y políticos, pero gracias a la reactivación económica, en el 2022, este rubro evidenció un crecimiento del 30%, según datos del INEI (Guzmán, 2023), sin embargo, existe una alta tasa de informalidad en el mercado del vidrio, ya que aproximadamente se producen 682 toneladas de residuos de este material

al día de los cuales solo se registran para el reciclaje y posterior producción un 3.2% (El Comercio, 2021), esto evidencia que no hay un manejo adecuado en el país de este tipo de material perjudicando a los productores formales y pequeños emprendedores, que para no bajar sus niveles de productividad tienen que recurrir a mecanismos informales de procesamiento sin emplear métodos de control y gestión de sus procesos.

Según lo expuesto se tienen a una empresa productora y comercializadora de artículos de vidrio y afines como ventanas, puertas, entre otros, ubicada en la ciudad de Rioja, con más de 6 años de experiencia en este sector. Además, la empresa cuenta con un área administrativa, producción y almacenamiento, pero según el tipo de operaciones, en el último año se evidenciaron deficiencias en sus procesos productivos debido a la ausencia de formatos de operaciones, de diagramas de flujo de las actividades, a la falta de registros actualizados de producción y deficiencias en el manejo de las materias primas, todo ello ha conllevado que los productos terminados se entreguen fuera del tiempo programado, ocasionando reclamos por parte del cliente.

En tal sentido, se pretende aplicar un método que permita mejorar el desarrollo de los procesos productivos en la empresa, es así que, según lo mencionado se plantea la siguiente interrogante:

¿Cuál es el efecto de la implementación de la metodología Six Sigma en los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023?

Según lo mencionado, se desprenden los problemas específicos:

¿Cuál es el efecto de la implementación de la metodología Six Sigma en la eficiencia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023?

¿Cuál es el efecto de la implementación de la metodología Six Sigma en la eficacia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023?

¿Cuál es el efecto de la implementación de la metodología Six Sigma en la efectividad de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023?

No obstante, la presente investigación se justifica por su practicidad, ya que, con su desarrollo, se aplicaron las herramientas del método Six Sigma en las actividades de la empresa para que de esta forma sirva como referente para futuras investigaciones efectuadas en el mismo rubro y afines.

Técnicamente, la presente investigación planteó la elaboración de instrumentos que permitan medir la situación de los procesos de una empresa antes y posterior a la aplicación del método del Six Sigma, esto amplía el campo del conocimiento técnico en empresas del sector manufacturero del vidrio y afines.

Económicamente, con la ejecución de los parámetros del método DMAIC, se optimizaron las actividades productivas de la empresa generando una mejor percepción de la calidad del PT, por ende, el cliente estará más satisfecho por el producto y servicio recibido ocasionando una mejor captación de clientes e incrementando los ingresos económicos para la empresa de vidrios.

Por otra parte, como objetivo general se tiene: Determinar el efecto de implementar la metodología Six Sigma en los procesos productivos de la empresa de vidrios, Rioja 2023. Aunado a ello se tienen los siguientes objetivos específicos:

Determinar el efecto de la implementación de la metodología Six Sigma en la eficiencia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

Determinar el efecto de la implementación de la metodología Six Sigma en la eficacia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

Determinar el efecto de la implementación de la metodología Six Sigma en la efectividad de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

Posteriormente, para dar una posible respuesta a la pregunta de investigación, se formuló la siguiente hipótesis general:

La implementación de la metodología Six Sigma mejora los procesos productivos de la empresa de vidrios, Rioja 2023.

Con ello se tienen las siguientes hipótesis específicas:

La implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficiencia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

La implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficacia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

La implementación de la metodología Six Sigma mejora la efectividad de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

II. MARCO TEÓRICO

Para contextualizar la realidad mostrada a continuación se muestran antecedentes o investigaciones realizadas internacionalmente.

Bernabé (2023), en su estudio planteó mejorar los procesos productivos bajo la metodología Six Sigma en una empresa de distribución de productos hidrobiológicos del Ecuador, para ello utilizó una metodología cuantitativa, no experimental, sobre una muestra considerada por 17 empleados del área de operaciones, empleando una guía de verificación, guía de entrevista, guía de observación y registros de procesos como instrumentos para recolectar la información, con ello se obtuvo que la empresa no contaba con un plan de producción, tenía deficiencias para el control del proceso de recepción, limpieza, fileteo, control de calidad, empaque de los productos hidrobiológicos (pescados y mariscos), falta de estandarización de procesos y labores empíricas de medición de materias primas, generando con ello un cumplimiento de la producción planificada de un 77%, luego, diseñó la propuesta de mejora del Six Sigma en las fases del DMAIC, empleando formatos para actualizar el plan de producción, diagramas de flujo de procesos, mapas de procesos, posteriormente, se pudo evidenciar que con las mejoras implementadas se pudo incrementar la producción a 665.71 Kg de pescados y mariscos por día representando un rendimiento del 99.66%, nivel Sigma 4, por ende la productividad aumentó en un 20.73%, además, se efectuó un análisis económico de la implementación de la propuesta obteniendo un PRI de 0.13 años, concluyendo en que la propuesta de mejora del Lean Six Sigma es viable y rentable para la empresa pesquera.

Benalcázar (2021), en su investigación planteó por objetivo mejorar la eficiencia del proceso productivo de una empresa textil de sacos ecuatoriana aplicando el método Six Sigma, para ello aplicó una metodología mixta, cuantitativo y cualitativo, descriptiva, considerando como muestra a los procesos operativos y al lote de prendas comprendidas por 210 unidades, empleando además guías de observación DAP y formatos de registros de producción para recabar la información, con ello se obtuvo que existía deficiencias en la colocación de los tejidos, fallas en la variabilidad de tallas, fallas en los cortes y defectos de costura en el acabado de los sacos, esto generó que las capacidades del proceso

resultantes estuviese en un rango de 0.9 y 1.0 lo cual se calificó como un valor inadecuado para llegar al cumplimiento de objetivos de la empresa, además, las fallas en los cortes y el mal tendido de las piezas generaban el 77.9% de los incumplimientos, ante ello se aplicó el Six Sigma implementando el método 5'S, el método ANDON, estandarización de labores, elaborando un plan de capacitaciones y aplicando el TPM en el control de los equipos, todo ello logró mejorar la capacidad del proceso en un rango de hasta un 1.11 y 1.29, concluyendo en que la implementación del Lean Six Sigma mejoran los procesos productivos en una organización textil.

A nivel nacional se tienen los siguientes antecedentes:

Landeo y Concha (2022), en su investigación plantearon por objetivo proponer la implementación de la metodología Seis Sigma para mejorar el proceso productivo de quesos de una empresa en Arequipa, para ello emplearon una metodología con un enfoque cuantitativo, pre experimental, sobre una muestra conformada por los procesos productivos, así mismo, para la recolección de información utilizaron como instrumentos un diagrama DAP, guía de observación, guía de inspección 5'S, análisis Ishikawa y Pareto, obteniendo como resultados que existía una deficiencia en el mantenimiento del equipamiento, falta de mantenimiento en las instalaciones de la organización, presencia de desorden y suciedad en las áreas de trabajo, falta de control en el horneado y un tiempo de 30 minutos en el proceso de prensado, tiempo excesivo ya que provoca más gasto de recursos e incrementa los leads times, todo ello ha generado que los quesos resulten con deformaciones perjudicando la calidad del producto final, además, se obtuvo un Sigma de nivel de 3 con un 93.7% de productividad, en ese sentido, se diseñaron la herramientas de mejora empleando la metodología 5'S, VSM, cambiando el horno, mejorando las instalaciones del área de producción, efectuando formatos de procesos e implementando un plan de inspección de equipos, todo ello enfocado a la mejora continua. Implementar la propuesta de mejora implicó un costo de \$ 10 960 USD, pero generó una eliminación de desperdicios en las actividades de producción, disminuyendo el tiempo de prensado a 15 minutos, 50% de mejora, además de ello incremento la productividad hasta un 99.04% para un Sigma 3, concluyendo en que

la propuesta de mejora del Seis Sigma beneficia económica y técnicamente a la empresa.

De la Cruz y Ramos (2021), en su investigación tuvieron por objetivo diseñar herramientas del Six Sigma para mejorar los procesos de producción de agua de una empresa de Cajamarca, para tal fin utilizaron una metodología descriptiva, preexperimental, considerando como muestra al proceso de embotellamiento de agua potable, además, para recopilar la información se emplearon guías de entrevista y formatos documentales de producción, obteniendo como resultados que la empresa evidenciaba deficiencias en la distribución de planta, fallas en la disponibilidad de insumos, ausencia de indicadores de calidad, falta de formatos de registros y pocas capacitaciones al personal, todo ello generaba una baja efectividad del proceso de embotellado con un valor de 131.35 unidades/hora, en tal sentido, se diseñó la propuesta del Six Sigma según el método DMAIC, aplicando formatos de procesos, guías de seguimiento, flujogramas, fichas de control y cronogramas de capacitaciones, de esta forma se lograron mejorar la efectividad de la producción con 199.77 unidades/hora, estimando un nivel Sigma de 4.2, además de ello se hizo una evaluación económica obteniendo: VAN = S/ 12 787.32. TIR = 13%. IR = 1.09, llegando a la conclusión que la implementación del Six Sigma incrementa la productividad de los procesos en la empresa además de ser viable y rentable económicamente.

Así mismo, a nivel local se tienen las siguientes investigaciones.

Bazán (2021), en su estudio planteó determinar la medida en que la implementación del Six Sigma reduce la merma en el proceso de envasado de GLP de una empresa de hidrocarburos de Lima, empleando para ello una metodología cuantitativa, preexperimental, longitudinal, estimando como muestra a los balones de GLP envasados 10 días antes y 10 días después de la propuesta de mejora, además, para recabar la información utilizó la guía de observación de los procesos, con ello obtuvo como resultados que la capacidad de producción CPK fue de 0.11 y que el índice de merma era de 2.40 Kg, con ello se estimó el nivel Sigma del proceso de envasado con un valor de 0.14, es así que se procedió a aplicar el Six Sigma en sus etapas DAMIC logrando incrementar el CPK en 0.66 y disminuir el índice de merma a 1.79 Kg, con ello aumentó el nivel Sigma del proceso a 0.67, concluyendo

en que la implementación del método Six Sigma reduce significativamente la merma en la empresa de hidrocarburos.

Lima (2021) en su investigación tuvo por objetivo determinar en qué medida la implementación del Six Sigma maximiza la calidad del proceso de moldeado en una panadería de Lima, para tal fin aplicó una metodología cuantitativa, explicativa, preexperimental, tomando como muestra a 60 unidades del producto terminado para su evaluación, además, para la recopilación de la información empleó un formato de registros de producción y formatos de caracterización de procesos, obteniendo como resultados que existía deficiencias en el volumen del pan implicando una disminución en la demanda, con ello se determinó una capacidad de producción CPK de 0.28, conllevando a que el proceso de moldeado tenga un nivel Sigma de 3.3, además de ello, estas deficiencias generaban pérdidas mensuales para la empresa de hasta S/ 6 300, con ello se aplicó el método Six Sigma empleando diagramas de flujo para caracterizar el proceso y aplicando el TPM para los equipos del área de amasado, con ello se logró mejorar CPK con un índice de 1.04 elevando el nivel Sigma en un 45% y reduciendo los gastos extras de producción en un 62.5%, de esta forma concluyó en que implementar el Six Sigma maximiza significativamente la calidad del proceso de moldeado de la empresa panificadora en la ciudad de Lima.

Aunado a ello se tienen las siguientes bases teóricas, en tal sentido, para Alblooshi et al. (2021), el Lean Six Sigma es un método que optimiza y mejora un sistema productivo según el enfoque de identificar y eliminar toda clase de desperdicios que no sumen a la cadena productiva. Además, con este método se logran los alcances planteados en cada objetivo de producción, describe la aplicación de sistemas de mejora, coordinada las técnicas y herramientas que abarcan la práctica de los sectores operativos de producción como, por ejemplo: Organización de puestos de trabajo, flujo de producción, mantenimiento, calidad y cadena de suministros.

Esta metodología fue creada por Bill Smith en el año 1986 en la empresa Motorola, implementándose en el área de fabricación por medio de datos estadísticos, en los cuales aparece una variable sigma que indica el porcentaje de elementos sin defectos hasta en un 99.99966% (Singh y Rathi, 2019). Por otra parte, según Shokri y Li (2020), la finalidad de esta metodología es crear un enfoque a la mejora

continua de los procesos en función al trabajo en equipo y a la comunicación, todo ello orientado para generar un valor añadido en el producto o servicio final. No obstante, según Abhilash y Thakkar (2019), la filosofía del Six Sigma expresa que los procesos se pueden definir, medir, analizar, mejorar y controlar, base importante del método DMAIC.

Así mismo, el Six Sigma tiene 5 principios importantes, que según Qayyum et al. (2021) son: Poner foco en el cliente, emplear datos para detectar variaciones, mejora continua de procesos, incluir a todos los involucrados y garantizar un ambiente receptivo y flexible. Además, existen dos principales aplicaciones del Six Sigma, el método DMAIC, que según Rifqi et al. (2021), es una secuencia de fases para el análisis, mejora y control de un proceso, estas fases comprende: Define, se define el proyecto y los procesos involucrados; Measure, se miden los procesos claves; Analyze, se efectúa el análisis de los procesos mediante las causas raíz de un determinado problema; Improve, etapa que comprende la optimización de los procesos inmersos en la producción; Control, etapa en la que se controlan los procesos por medio de verificaciones que permitan estimar nuevas estrategias de mejoras continuas futuras. El método DMADV, que según Chandan et al. (2022), esta aplicación del Six Sigma es muy parecida al DMAIC, con la diferencia que en las últimas etapas se elaboran estrategias de mejora para escoger la óptima para luego diseñarla y aplicar pruebas de verificación y análisis pilotos, de esta forma se podrá prever escenarios futuros de mejoras.

Según lo mencionado, estas metodologías son derivadas del pensamiento Lean Manufacturing, el cual prioriza los procesos que aportan un valor agregado en la etapa de producción, dejando de lado a aquellas actividades que generan desperdicios y aumentan los costos de producción (Bittencourt et al., 2021).

Por otra parte, los procesos, según Gandini (2019), son un conjunto de etapas que siguen una secuencia lógica y compleja dentro de un sistema orientado a buscar un objetivo final. Además, existen diferentes tipos de procesos, los cuales son importantes para la existencia de un negocio, estos son:

Procesos administrativos, comprende a las fases que implican la gestión de los recursos internos, comprendidos desde el capital humano, técnico y financiero, todo ello direccionado a conseguir los objetivos de una organización (Cinar et al., 2019).

Procesos de gestión, estos procesos enfocan la ejecución de las labores a la mejora continua de las actividades realizadas en una empresa (Akbar et al., 2019).

Procesos productivos, vienen a ser un conjunto de operaciones que una organización realiza con la finalidad de brindar un bien o un servicio, implica la totalidad de los procedimientos que transforman los recursos en el producto final que será comercializado (Turnhout et al., 2020). Este tipo de procesos son importantes dado que su correcta aplicación determinará el nivel de calidad del producto y mejorará los niveles de eficiencia de una organización.

Entre las herramientas para mejorar los procesos se tienen a: Sistemas de bases de datos, CRM, diagramas SIPOC, formatos de procesos, diagramas de flujo, hojas de control, análisis de valor, método 5'S, ABC, entre otros (Taherdoost, 2021).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Según su finalidad, la investigación fue aplicada dado que analiza la solución de un problema aplicando la teoría del Lean Six Sigma en la mejora de los procesos de una empresa (Fox y Allfred, 2023).

Según su enfoque, fue de tipo cuantitativa debido a que se recopiló la información para luego ser analizada y cuantificada y con ello concluir en una posible respuesta al planteamiento del problema (Esfahani et al., 2021).

3.1.2. Diseño de investigación

Según su diseño fue preexperimental, dado que se evaluó como influye la variable independiente en la variable dependiente y con ello realizar comparaciones antes y después de aplicar la mejora (Tabuena, 2021).

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Independiente (X): Metodología Six Sigma

Definición conceptual

Viene a ser la metodología empleada en la mejora de procesos, además, optimiza y mejora un sistema productivo según el enfoque de identificar y eliminar toda clase de desperdicios que no sumen a la cadena productiva (Ahmed et al., 2020).

Definición operacional

El Six Sigma viene a ser una herramienta que permite medir la gestión según los parámetros y etapas del DMAIC, definir, medir, analizar, mejorar y controlar (Nandakumar et al., 2020).

Dimensiones

D 1: Definir

Indicador: Cumplimiento de métricas (%)

Para poder medir esta etapa se evaluó el cumplimiento de las métricas establecidas por la organización antes de la mejora, para ello se tuvo la siguiente fórmula:

$$\% CM = \frac{\text{Métricas establecidas} \times 100}{\text{Métricas presentadas}}$$

D 2: Medir

Indicador: Cumplimiento de los procesos (%)

En esta etapa se midieron los procesos productivos culminados a tiempo según el total de procesos para ello se tuvo la siguiente fórmula:

$$\% CP = \frac{\text{Procesos culminados} \times 100}{\text{Procesos productivos}}$$

D 3: Analizar

Indicador: Problemas identificados (%)

Se determinó el problema principal para luego identificar las causas raíz que incidieron en el problema, en tal sentido se tiene la siguiente fórmula:

$$\% PI = \frac{\text{Problemas identificados} \times 100}{\text{Problemas presentes en los procesos}}$$

D 4: Mejorar

Indicador: Mejoras establecidas (%)

En esta etapa se establecieron las estrategias de mejora y su cumplimiento según las propuestas, para ello se tuvo la siguiente fórmula:

$$\% ME = \frac{\text{Mejoras establecidas} \times 100}{\text{Mejoras propuestas}}$$

D 5: Controlar

Indicador: Procesos mejorados (%)

En esta etapa se controlaron a los procesos que mejoren su cumplimiento siguiendo las estrategias de la etapa anterior, para ello se tuvo la siguiente fórmula:

$$\% PM = \frac{\text{Procesos mejorados} \times 100}{\text{Procesos productivos}}$$

Escala de medición

Fue la Razón.

3.2.2. Dependiente (Y): Procesos productivos

Definición conceptual

Es el conjunto de operaciones que una organización realiza con el fin de brindar un bien o un servicio, implica la totalidad de los procedimientos que transforman los recursos en el producto final que será comercializado (Da Silva et al., 2022).

Definición operacional

Los procesos productivos pueden ser medidos desde el cumplimiento de los parámetros de la eficiencia y eficacia (Tyurin y Kuvataev, 2020).

Dimensiones

D 1: Eficiencia

Indicadores: Eficiencia de los procesos productivos (%)

La eficiencia se evaluó según el tiempo empleado, es así que se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Eficiencia PP} = \frac{\text{Tiempo empleado de los procesos} \times 100}{\text{Tiempo disponible}}$$

D 2: Eficacia

Indicadores: Eficacia de los procesos productivos (%)

La eficacia fue evaluada según la producción alcanzada durante la ejecución de estos procesos:

$$\% \text{ Eficacia PP} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Producción proyectada}} \times 100$$

D 3: Efectividad

Indicador: Efectividad de los procesos productivos (%)

Comprende al equilibrio entre la eficiencia y la eficacia, además, se define como la capacidad que se tiene para lograr los resultados según la expectativa deseada, para el caso de estudio, la efectividad fue evaluada según el producto de los índices de la eficacia y la eficiencia:

$$\% \text{ Efectividad PP} = \% \text{ Eficiencia} \times \% \text{ Eficacia}$$

Escala de medición

Fue la Razón.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1. Población

Estuvo conformada por el conjunto de individuos u objetos en los que se evaluó su comportamiento. Comprende al universo de estudio constituido por personas, registros, animales, lotes de fabricación, unidades organizacionales, bases de datos, etc. (Stratton, 2021).

En tal sentido, en la presente investigación la población estuvo conformada por los pedidos solicitados por los clientes sobre las unidades producidas de ventanas sistema nova.

3.3.2. Muestra

Viene a ser un subconjunto de la población identificada en el estudio (Hennink y Kaiser, 2022).

Para la investigación la muestra estuvo constituida por los pedidos solicitados por los clientes sobre las unidades producidas de ventanas sistema nova durante dos meses antes y posterior a la implementación del método del Six Sigma.

3.3.3. Muestreo

Este fue no probabilístico por conveniencia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de la información se tuvo la siguiente tabla:

Tabla 1. Técnicas e instrumentos

Técnica	Instrumento	Justificación	Fuentes
Observación directa	Guía de verificación	Evaluó la gestión de los procesos de la empresa por medio de los parámetros del DMAIC	Procesos de productivos de la empresa de vidrios.
Análisis documental	Formatos de datos históricos de producción.	Permitió obtener información de la producción diaria de la empresa en el periodo junio - julio 2023	Archivos y registros de producción, periodo junio - julio 2023.

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Procedimientos

- Se hizo el reconocimiento de la empresa manipuladora de vidrios, para ello, previamente se solicitó la autorización para ingresar a las instalaciones de la empresa y así observar el desarrollo de las actividades de cada una de las áreas.
- Posteriormente, se reconoció el área de estudio comprendida por el área de producción de la empresa, es así que utilizando la guía de verificación (Anexo 2) se determinó el cumplimiento de los procesos productivos según los parámetros del Six Sigma DMAIC, con ello se evaluaron los valores iniciales y estado de los procesos con respecto a esta metodología por medio de un análisis cuantitativo descriptivo en tablas de doble entrada empleando el programa Microsoft Excel.

- Luego, empleando los formatos de datos históricos de producción (Anexo 3) se recopiló la información productiva diaria en el periodo junio - julio 2023, en cuanto a la eficiencia se consideró al tiempo utilizado para la fabricación de ventanas de tipo sistema nova, a la eficacia según la producción obtenida y a la efectividad se tomó en cuenta al producto de los índices de la eficiencia y eficacia de la producción.
- Obtenido los índices de eficiencia, eficacia y efectividad, se procesaron los datos en tablas y gráficos estadísticos por medio del Microsoft Excel, para con ello determinar los valores iniciales de los procesos productivos antes de aplicar el Six Sigma.
- Dado que se obtuvieron deficiencias en la gestión de los procesos productivos, se aplicó el método DMAIC del Six Sigma en sus etapas de Definir las métricas, Medir el cumplimiento de los procesos, Analizar los problemas identificados, Mejorar los procesos productivos y Controlar las mejoras establecidas.
- Una vez aplicada la metodología de mejora, se evaluó nuevamente los índices de los procesos productivos en un post test, para con ello estimar comparativas con el pretest y de esta forma, por medio de una análisis descriptivo e inferencial, corroborar la hipótesis planteada en la que indica que el Six Sigma mejora los procesos productivos de la empresa.

3.6. Método de análisis de datos

El procesamiento de la información fue por medio del sistema de Microsoft Excel versión 2019, y así obtener el cumplimiento de las variables de estudio.

El análisis de los resultados fue empleando la estadística descriptiva, para ello se usaron gráficos y esquemas estadísticos, determinando una comparativa entre un pretest y un post test.

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación estuvo alineada con los lineamientos éticos de la Universidad César Vallejo, en tal forma todas las fuentes de información estuvieron siendo citadas bajo las normativas del formato ISO 690, además, la información recopilada de la empresa fue manipulada exclusivamente para un fin académico y

sin alteraciones, no obstante, la investigación guardó en todo momento los siguientes principios:

- Respeto por las personas, ya que no se discriminó el pensamiento ni aportes de los participantes de la presente investigación.
- Búsqueda del bien, la investigación buscó la solución de un problema de la organización en estudio para así garantizar el cumplimiento de sus procesos.
- Justicia, se tomó en cuenta el bien común en ambas partes para lograr los máximos beneficios sin causar daños y equivocaciones.

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis de la empresa manipuladora de productos de vidrio

Breve reseña de la empresa de vidrios

La empresa en estudio empezó sus operaciones en el año 2016 en la ciudad de Rioja, provincia de Rioja, departamento de San Martín, desarrollando, como parte de sus actividades principales, la producción, fabricación y comercialización de artículos de vidrio y afines.

Principales productos comercializados en la empresa

Entre sus principales productos, la empresa ofrece:

- Ventanas sistema nova
- Puertas con sistema directo
- Puertas plegables
- Ventanas basculantes, entre otros.

Principales clientes

Los clientes más frecuentes que solicitan los servicios y productos de la empresa son tanto personas naturales como jurídicas (empresas y corporativos).

Principales proveedores

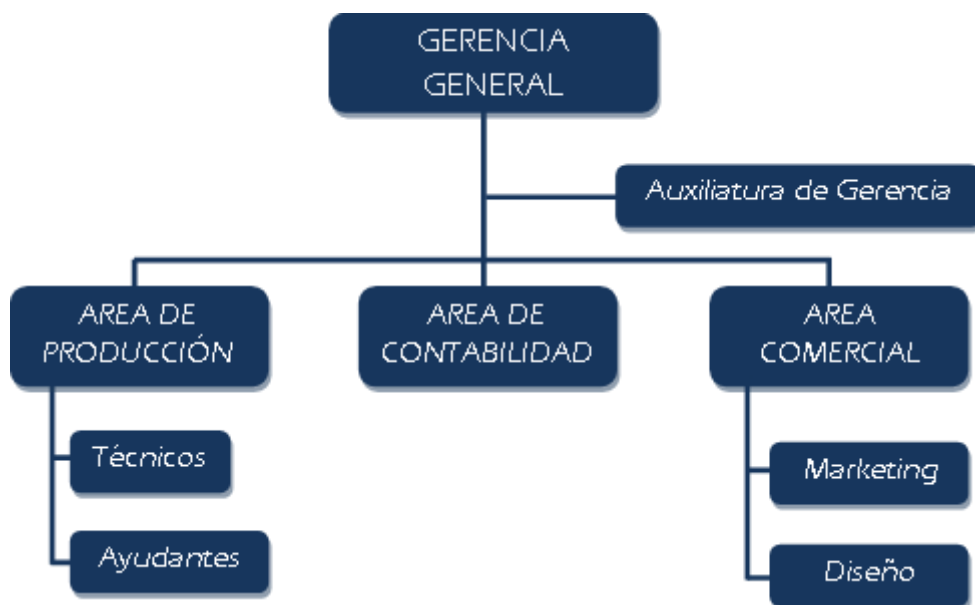
Entre los principales proveedores la empresa tiene como socios estratégicos a:

- Distribuidoras de vidrios de todo tipo industrial.
- Comercializadora de artículos y piezas de aluminio.
- Ferreterías y afines.
- Tiendas por departamentos de insumos de producción para fabricación con vidrio.

Organigrama de la empresa de estudio

Actualmente la empresa tiene la siguiente estructura organizacional:

Figura 1. Organigrama de la empresa de vidrios



Fuente: Elaborado por la empresa de vidrios.

4.2. Diagnóstico de los procesos productivos

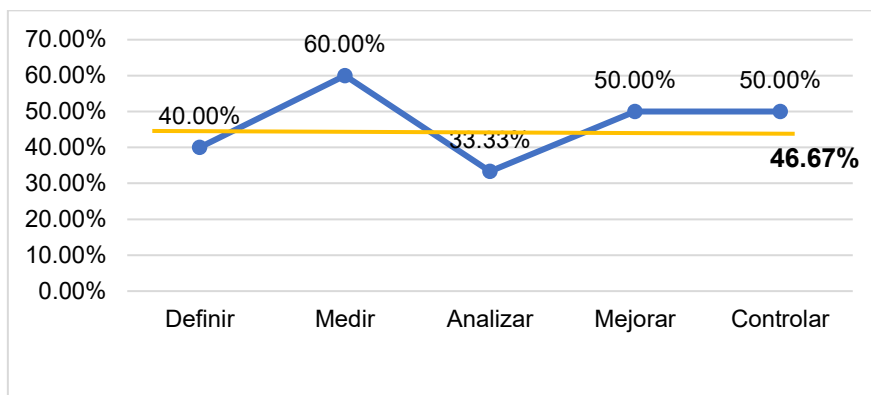
Como parte del diagnóstico se evaluó la gestión de los procesos productivos de la empresa de vidrios según los parámetros de la metodología Six Sigma DMAIC, para ello se empleó la guía de verificación (Anexo 2) obteniéndose el siguiente resultado:

Tabla 2. Resumen de la guía de verificación

Etapa	Cumplimiento
Definir	40.00%
Medir	60.00%
Analizar	33.33%
Mejorar	50.00%
Controlar	50.00%
Promedio	46.67%

Fuente: Elaboración propia. El desarrollo completo se puede apreciar en el Anexo 4.

Figura 2. Tendencia del cumplimiento de los parámetros del DMAIC



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 2 el promedio del cumplimiento de la gestión de los procesos productivos en la empresa según los parámetros del DMAIC llegó a un 46.67%, valor que evidencia deficiencias en las operaciones, siendo el parámetro Analizar el que obtuvo el cumplimiento más bajo con un 33.33%, demostrando que la empresa actualmente no ejecuta ningún tipo de metodología para optimizar sus procesos productivos.

4.3. Análisis de la productividad antes de la implementación

Para determinar los índices de la productividad en el área de producción de las ventanas del sistema nova de la empresa de vidrios, se evaluaron según sus dimensiones, es así que se tiene el siguiente resultado del pretest:

Eficiencia

La eficiencia de la producción de las ventanas del sistema nova fue considerada según el tiempo empleado para la fabricación de este producto, para ello se empleó el formato de registros de producción (Anexo 3) de los meses de julio y agosto del 2023, este registro se efectuó de forma diaria.

Tabla 3. Eficiencia pretest

Mes	Días laborados	Tiempo disponible (horas)	Tiempo empleado (horas)	Eficiencia (%)
Julio	1	8.00	10.52	68.50%
	2	8.00	11.10	61.25%
	3	8.00	10.50	68.75%
	4	8.00	11.30	58.75%
	5	8.00	11.35	58.13%
	6	8.00	10.50	68.75%
	7	8.00	10.90	63.75%
	8	8.00	10.50	68.75%
	9	8.00	11.42	57.25%
	10	8.00	11.10	61.25%
	11	8.00	11.20	60.00%
	12	8.00	11.40	57.50%
	13	8.00	11.42	57.25%
	14	8.00	11.30	58.75%
	15	8.00	11.35	58.13%
	16	8.00	11.25	59.38%
	17	8.00	10.60	67.50%
	18	8.00	10.55	68.13%
	19	8.00	10.65	66.88%
	20	8.00	10.95	63.13%
	21	8.00	10.90	63.75%
	22	8.00	11.10	61.25%
	23	8.00	11.00	62.50%
	24	8.00	11.25	59.38%
Agosto	25	8.00	11.35	58.13%
	26	8.00	11.39	57.63%
	27	8.00	11.42	57.25%
	28	8.00	11.40	57.50%
	29	8.00	11.35	58.13%
	30	8.00	11.35	58.13%
	31	8.00	10.90	63.75%
	32	8.00	10.95	63.13%
	33	8.00	11.10	61.25%
	34	8.00	11.15	60.63%
	35	8.00	11.25	59.38%
	36	8.00	10.95	63.13%
	37	8.00	10.95	63.13%
	38	8.00	11.25	59.38%
	39	8.00	11.20	60.00%
	40	8.00	11.35	58.13%
	41	8.00	10.95	63.13%
	42	8.00	10.90	63.75%
	43	8.00	10.85	64.38%
	44	8.00	10.65	66.88%
	45	8.00	10.50	68.75%
	46	8.00	11.10	61.25%
	47	8.00	11.20	60.00%
	48	8.00	11.30	58.75%
	49	8.00	11.10	61.25%
	50	8.00	11.42	57.25%
	51	8.00	11.40	57.50%
Total		408.00	564.79	61.57%

Fuente: Datos de la empresa de Vidrios, 2023.

Como se aprecia en la tabla 3 la eficiencia global durante los meses de observación en el pretest, julio – agosto 2023, alcanzó un cumplimiento del 61.57%, un valor muy por debajo del mínimo esperado de la empresa que es del 95%, este es un indicador de que los operarios del área de producción están utilizando más tiempo del disponible para la fabricación de las ventanas sistema nova, implicando aplazar en muchos de los casos la entrega del producto terminado, lo que genera un mayor gasto de recursos y la insatisfacción de los clientes.

Eficacia

La eficacia de la producción de las ventanas del sistema nova fue considerada según la producción programada la fabricación de este producto, para ello se empleó el formato de registros de producción (Anexo 3) de los meses de junio y julio del 2023, este registro se efectuó de forma diaria.

Tabla 4. Eficacia pretest

Mes	Días laborados	Producción obtenida	Producción proyectada	Eficacia (%)
Julio	1	3.00	5.00	60.00%
	2	4.00	6.00	66.67%
	3	4.00	7.00	57.14%
	4	3.00	5.00	60.00%
	5	5.00	7.00	71.43%
	6	4.00	6.00	66.67%
	7	4.00	5.00	80.00%
	8	5.00	7.00	71.43%
	9	3.00	5.00	60.00%
	10	6.00	7.00	85.71%
	11	5.00	7.00	71.43%
	12	4.00	5.00	80.00%
	13	3.00	6.00	50.00%
	14	5.00	6.00	83.33%
	15	4.00	7.00	57.14%
	16	3.00	5.00	60.00%
	17	3.00	5.00	60.00%
	18	4.00	6.00	66.67%
	19	4.00	6.00	66.67%
	20	3.00	5.00	60.00%
	21	4.00	7.00	57.14%
	22	5.00	7.00	71.43%
	23	5.00	6.00	83.33%
	24	4.00	7.00	57.14%
Agosto	25	5.00	7.00	71.43%
	26	3.00	5.00	60.00%
	27	3.00	5.00	60.00%
	28	6.00	7.00	85.71%
	29	4.00	5.00	80.00%

30	5.00	6.00	83.33%
31	3.00	5.00	60.00%
32	4.00	6.00	66.67%
33	4.00	6.00	66.67%
34	5.00	7.00	71.43%
35	5.00	7.00	71.43%
36	4.00	7.00	57.14%
37	4.00	5.00	80.00%
38	4.00	6.00	66.67%
39	4.00	6.00	66.67%
40	6.00	7.00	85.71%
41	6.00	8.00	75.00%
42	5.00	7.00	71.43%
43	6.00	8.00	75.00%
44	4.00	7.00	57.14%
45	5.00	6.00	83.33%
46	5.00	7.00	71.43%
47	5.00	7.00	71.43%
48	6.00	8.00	75.00%
49	6.00	7.00	85.71%
50	5.00	7.00	71.43%
51	4.00	6.00	66.67%
Total	223.00	320.00	69.69%

Fuente: Datos de la empresa de Vidrios, 2023.

Como se observa en la tabla 4 la eficacia de la producción, durante los meses de julio – agosto 2023, alcanzó un cumplimiento del 69.69%, indicador de que no está cumpliendo con la programación de producción, que según datos de la empresa esta debe de ser un mínimo del 90% para no incurrir en tercerización y así cumplir con los requerimientos del cliente y no aplazar más producción para el mes siguiente.

Efectividad

Para determinar el índice de la efectividad se obtuvo del producto de los valores actuales de la eficiencia y eficacia de la producción de las ventanas sistema nova fabricados en la empresa, para ello se estimó el mismo periodo de evaluación.

Tabla 5. Efectividad pretest

Mes	Días laborados	Eficiencia (%)	Eficacia (%)	Efectividad (%)
Julio	1	68.50%	60.00%	41.10%
	2	61.25%	66.67%	40.84%
	3	68.75%	57.14%	39.28%
	4	58.75%	60.00%	35.25%
	5	58.13%	71.43%	41.52%
	6	68.75%	66.67%	45.84%
	7	63.75%	80.00%	51.00%

	8	68.75%	71.43%	49.11%
	9	57.25%	60.00%	34.35%
	10	61.25%	85.71%	52.50%
	11	60.00%	71.43%	42.86%
	12	57.50%	80.00%	46.00%
	13	57.25%	50.00%	28.63%
	14	58.75%	83.33%	48.96%
	15	58.13%	57.14%	33.22%
	16	59.38%	60.00%	35.63%
	17	67.50%	60.00%	40.50%
	18	68.13%	66.67%	45.42%
	19	66.88%	66.67%	44.59%
	20	63.13%	60.00%	37.88%
	21	63.75%	57.14%	36.43%
	22	61.25%	71.43%	43.75%
	23	62.50%	83.33%	52.08%
	24	59.38%	57.14%	33.93%
	25	58.13%	71.43%	41.52%
	26	57.63%	60.00%	34.58%
	27	57.25%	60.00%	34.35%
	28	57.50%	85.71%	49.28%
	29	58.13%	80.00%	46.50%
	30	58.13%	83.33%	48.44%
	31	63.75%	60.00%	38.25%
	32	63.13%	66.67%	42.09%
	33	61.25%	66.67%	40.84%
	34	60.63%	71.43%	43.31%
	35	59.38%	71.43%	42.42%
	36	63.13%	57.14%	36.07%
	37	63.13%	80.00%	50.50%
	38	59.38%	66.67%	39.59%
	39	60.00%	66.67%	40.00%
	40	58.13%	85.71%	49.82%
	41	63.13%	75.00%	47.35%
	42	63.75%	71.43%	45.54%
	43	64.38%	75.00%	48.29%
	44	66.88%	57.14%	38.22%
	45	68.75%	83.33%	57.29%
	46	61.25%	71.43%	43.75%
	47	60.00%	71.43%	42.86%
	48	58.75%	75.00%	44.06%
	49	61.25%	85.71%	52.50%
	50	57.25%	71.43%	40.89%
	51	57.50%	66.67%	38.34%
	Total	61.57%	69.69%	42.91%

Fuente: Datos de la empresa de Vidrios, 2023.

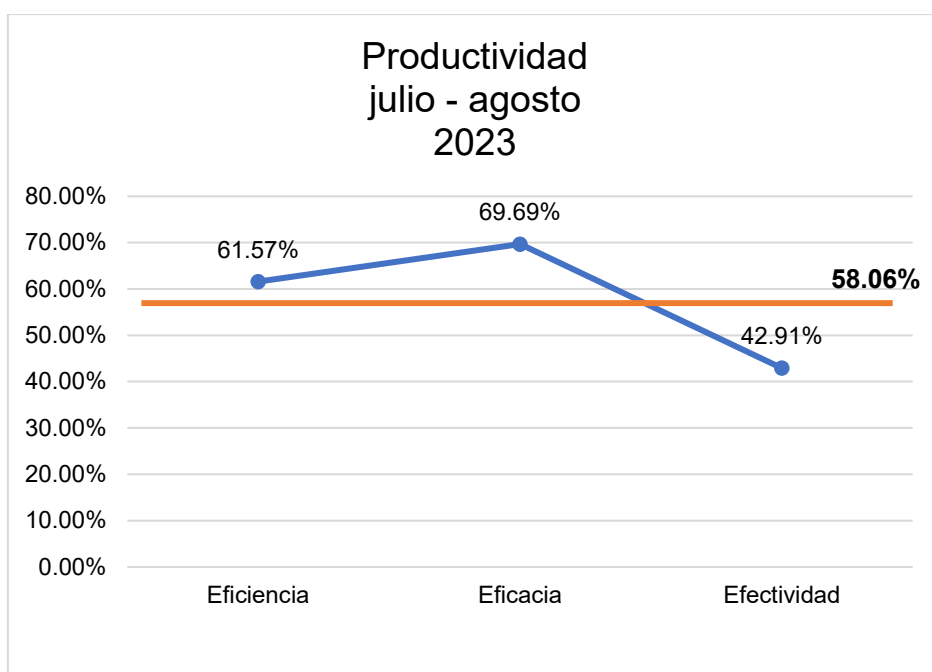
La tabla 5 muestra que la efectividad resultante de la producción de las ventanas de sistema nova llegó a un 42.91%, es decir menos del 50%, esto indica que por cada 10 ventanas, aproximadamente 4 no están con las especificaciones ni requerimientos del cliente.

Tabla 6. Resumen del pretest de la productividad

Indicador	Valor
Eficiencia	61.57%
Eficacia	69.69%
Efectividad	42.91%
Promedio	58.06%

Fuente: Datos de la empresa de Vidrios, 2023.

Figura 3. Tendencia de los indicadores de la productividad, pretest



Fuente: Elaboración propia.

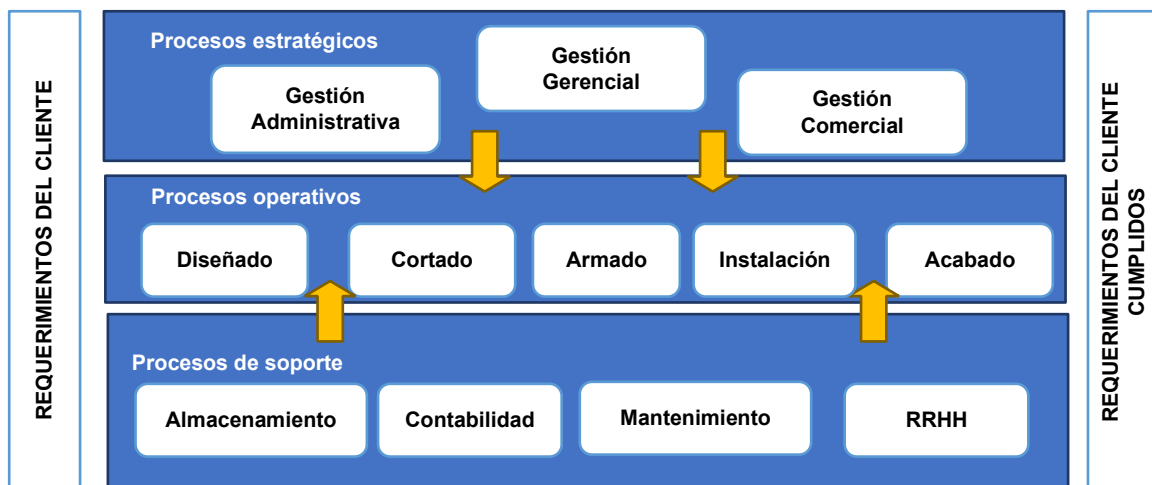
Según los resultados del pretest, la productividad de la empresa de vidrios en la fabricación de las ventanas de sistema nova, en promedio, llegó al 58.06%.

4.4. Aplicación de la metodología Six Sigma

Fase Definir

En esta etapa se estructuró el mapa de procesos de la empresa para con ello identificar los procesos operativos que para el caso de estudio comprenden a los procesos productivos.

Figura 4. Mapa de procesos de la empresa de vidrios



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura 4, los procesos operativos identificados son:

- **Diseñado**

Comprende al proceso del diseño del producto a fabricar, que en el presente estudio son las ventanas del modelo nova. Este diseño se efectúa mediante gráficos asistidos por PC y esquemas y planos impresos.

- **Cortado**

Diseñado el producto se procede a efectuar el cortado del material de vidrio necesario para la fabricación de las ventanas, además del cortado de los otros insumos de fabricación como las placas y barandas de aluminio.

- **Armado**

Cortado el material, según las medidas estándar, se procede a armar el producto siguiendo el diseño impreso, para ello se siguen todos los parámetros de fabricación.

- **Instalación**

Armado el producto final se procede a verificar los cumplimientos solicitados por el cliente y se procede a la instalación de las ventanas en el lugar destinado para el uso de la ventana del sistema nova.

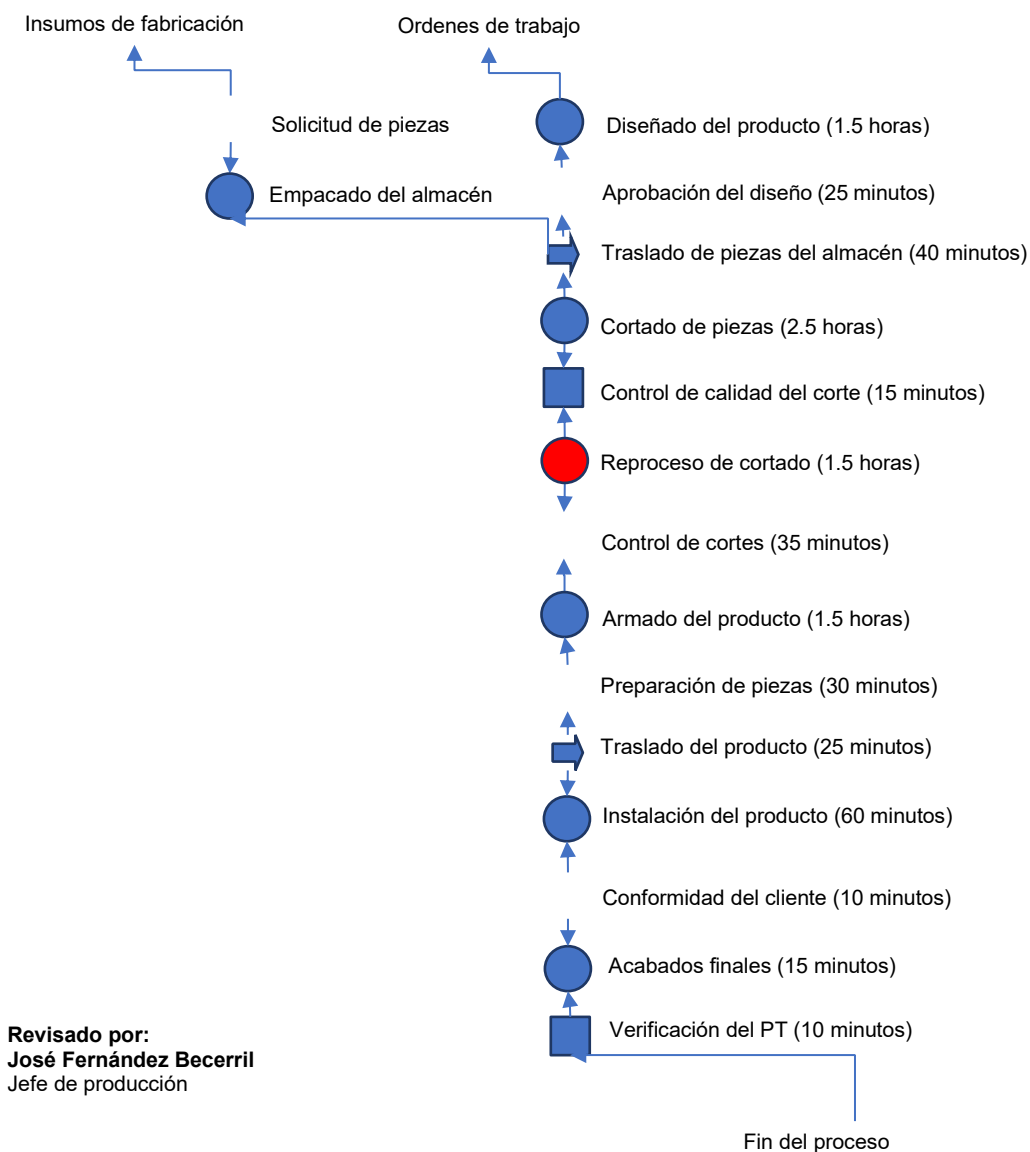
- **Acabado**

Con el producto instalado se procede a dar los toques finales que comprende el sellado con silicona, cubrimiento de pernos, limpieza del área y prueba de

funcionalidad. Con el visto bueno del cliente se procede a cerrar todo el flujo de producción.

Según lo expresado a continuación se muestra el flujo del proceso de fabricación de las ventanas sistema nova producido en la empresa.

Figura 5. Diagrama de operaciones de fabricación – ventas sistema nova



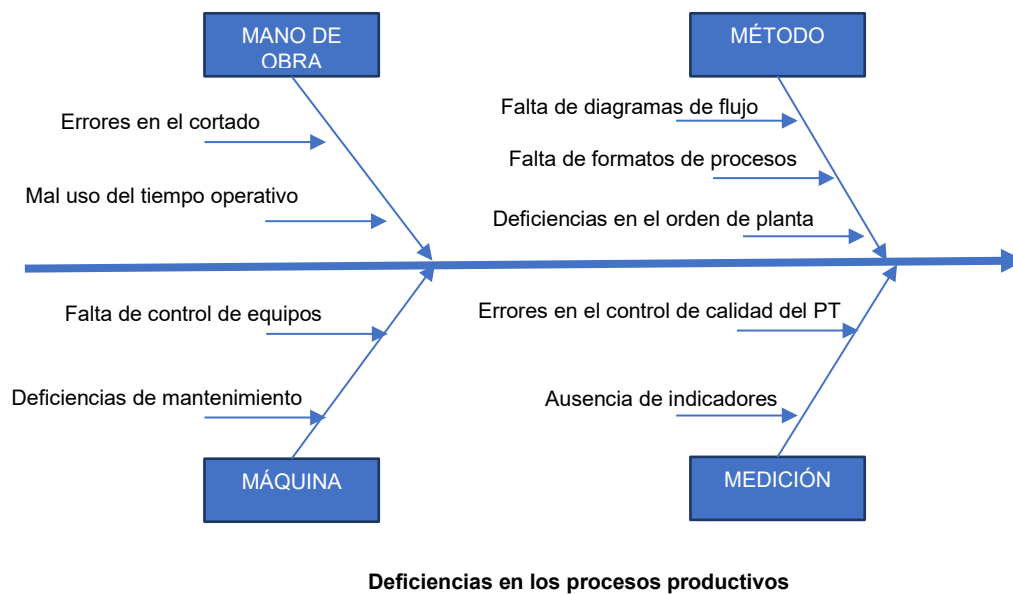
Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la figura 5, el tiempo total para la fabricación de las ventanas sistema nova es de 685 minutos que equivale a 11.42 horas, tiempo excesivo tomando en cuenta que se disponen de 8 horas para efectuar todas las actividades, además, se puede observar que el cuello de botella que retrasa las operaciones

está en el proceso de cortado con un tiempo extra de 90 minutos (1.5 horas). Esto eleva el lead time perjudicando las entregas a los clientes y afectando la productividad de la empresa.

Posteriormente, se identificaron las causas que están generando las deficiencias en los procesos productivos, en ese sentido se presenta el siguiente diagrama de Ishikawa.

Figura 6. Diagrama causa efecto



Fuente: Elaboración propia.

Según este análisis, las causas que están generando las deficiencias en los procesos productivos son:

- CR 1: Falta de diagramas de flujo
- CR 2: Falta de formatos de procesos
- CR 3: Deficiencias en el orden de planta
- CR 4: Errores en el cortado
- CR 5: Mal uso del tiempo operativo
- CR 6: Falta de control de equipos
- CR 7: Deficiencias de mantenimiento
- CR 8: Errores en el control de calidad del PT
- CR 9: Ausencia de indicadores

Con ello se efectuó la consulta con el personal clave de la empresa para determinar las causas raíz que más inciden en la problemática, para ello se les indicó que valoren cada CR con una ponderación de 1 a 10, según la importancia.

Tabla 7. Evaluación de las CR

CR	Detalle	Jefe de operaciones	Logista	Diseñador	Técnico 1	Técnico 2	Total
CR 1	Falta de diagramas de flujo	6	7	6	8	7	34
CR 2	Falta de formatos de procesos	8	8	9	7	8	40
CR 3	Deficiencias en el orden de planta	7	5	5	7	8	32
CR 4	Errores en el cortado	8	8	9	7	7	39
CR 5	Mal uso del tiempo operativo	1	2	4	2	3	12
CR 6	Falta de control de equipos	1	2	2	2	1	8
CR 7	Deficiencias de mantenimiento	2	2	1	1	2	8
CR 8	Errores en el control de calidad del PT	7	7	7	6	7	34
CR 9	Ausencia de indicadores	5	7	5	5	4	26

Fuente: Elaboración propia.

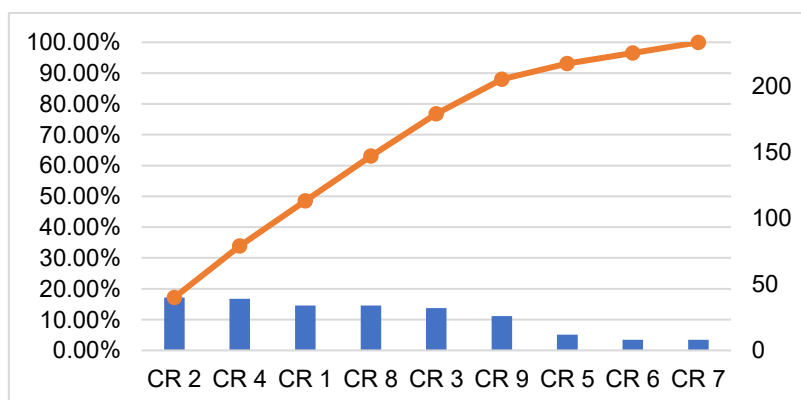
Con este resultado se procedió a priorizar las CR para ello se empleó el análisis de Pareto.

Tabla 8. Análisis de Pareto

CR	Detalle	Frecuencia	%	Acumulado
CR 2	Falta de formatos de procesos	40	17.17%	17.17%
CR 4	Errores en el cortado	39	16.74%	33.91%
CR 1	Falta de diagramas de flujo	34	14.59%	48.50%
CR 8	Errores en el control de calidad del PT	34	14.59%	63.09%
CR 3	Deficiencias en el orden de planta	32	13.73%	76.82%
CR 9	Ausencia de indicadores	26	11.16%	87.98%
CR 5	Mal uso del tiempo operativo	12	5.15%	93.13%
CR 6	Falta de control de equipos	8	3.43%	96.57%
CR 7	Deficiencias de mantenimiento	8	3.43%	100.00%
Total		233	100%	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Diagrama de Pareto



En la tabla 8 se puede observar que las CR que más inciden en las deficiencias de los procesos productivos de la empresa productora de vidrios son:

- CR 2: Falta de formatos de procesos
- CR 4: Errores en el cortado
- CR 1: Falta de diagramas de flujo
- CR 8: Errores en el control de calidad del PT
- CR 3: Deficiencias en el orden de planta

Fase Medir

En esta fase se procedió a medir el número de errores en el proceso de cortado para la fabricación de las ventanas de sistema nova según la producción diaria durante el periodo julio – agosto 2023.

Tabla 9. Defectos de cortes

Mes	Días laborados	Producción obtenida	Defectos de corte
Julio	1	3.00	2
	2	4.00	3
	3	4.00	4
	4	3.00	2
	5	5.00	3
	6	4.00	2
	7	4.00	3
	8	5.00	3
	9	3.00	2
	10	6.00	4
	11	5.00	4
	12	4.00	3
	13	3.00	4
	14	5.00	3
	15	4.00	4
	16	3.00	3
	17	3.00	2
	18	4.00	4
	19	4.00	4
	20	3.00	3
	21	4.00	2
	22	5.00	3
	23	5.00	2
	24	4.00	2
Agosto	25	5.00	3
	26	3.00	3
	27	3.00	3
	28	6.00	2
	29	4.00	4
	30	5.00	4

31	3.00	3
32	4.00	4
33	4.00	4
34	5.00	4
35	5.00	3
36	4.00	4
37	4.00	2
38	4.00	4
39	4.00	2
40	6.00	4
41	6.00	4
42	5.00	4
43	6.00	4
44	4.00	4
45	5.00	4
46	5.00	3
47	5.00	3
48	6.00	3
49	6.00	4
50	5.00	4
51	4.00	3
Total	223.00	164.00

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 9 muestra que el total de defectos de cortes ocurridos en el periodo julio – agosto del 2023, fue de 164 defectos de cortes.

Además para determinar la calidad de los cortes se efectuó un análisis muestral del corte del vidrio para las ventanas de sistema nova, para ello se hicieron 40 mediciones durante 14 días, tomando en cuenta que el error en el corte es en el largo del vidrio, por ende se tienen las siguientes especificaciones:

Largo mínimo: 164.90 cm.

Largo máximo: 165.10 cm.

Tabla 10. *Medición de los cortes*

N°	Medición (Cm)
1	165.01
2	165.00
3	165.01
4	165.20
5	165.05
6	164.95
7	164.89
8	164.85
9	164.95
10	164.89

11	164.95
12	165.10
13	165.00
14	165.00
15	165.10
16	165.17
17	165.18
18	165.19
19	165.00
20	165.10
21	165.05
22	165.20
23	164.89
24	164.85
25	164.84
26	165.00
27	164.91
28	164.95
29	164.96
30	165.21
31	165.19
32	165.19
33	165.22
34	165.11
35	165.00
36	165.00
37	164.89
38	164.91
39	164.90
40	165.10

Fuente: Elaboración propia.

Con esta información se efectuó el siguiente cálculo:

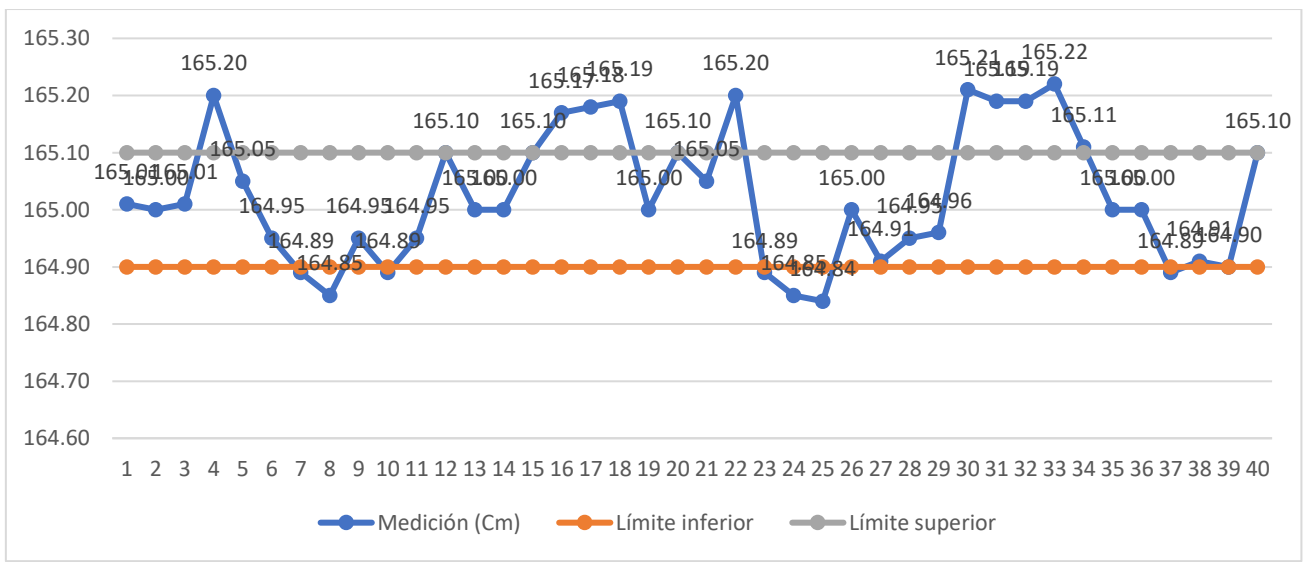
Tabla 11. Control estadístico

Nº	Medición (Cm), cortes	Límite inferior	Límite superior	Promedio	Desviación
1	165.01	164.90	165.10	165.02	0.1169
2	165.00	164.90	165.10	165.02	0.1169
3	165.01	164.90	165.10	165.02	0.1169
4	165.20	164.90	165.10	165.02	0.1169
5	165.05	164.90	165.10	165.02	0.1169
6	164.95	164.90	165.10	165.02	0.1169
7	164.89	164.90	165.10	165.02	0.1169
8	164.85	164.90	165.10	165.02	0.1169
9	164.95	164.90	165.10	165.02	0.1169
10	164.89	164.90	165.10	165.02	0.1169
11	164.95	164.90	165.10	165.02	0.1169

12	165.10	164.90	165.10	165.02	0.1169
13	165.00	164.90	165.10	165.02	0.1169
14	165.00	164.90	165.10	165.02	0.1169
15	165.10	164.90	165.10	165.02	0.1169
16	165.17	164.90	165.10	165.02	0.1169
17	165.18	164.90	165.10	165.02	0.1169
18	165.19	164.90	165.10	165.02	0.1169
19	165.00	164.90	165.10	165.02	0.1169
20	165.10	164.90	165.10	165.02	0.1169
21	165.05	164.90	165.10	165.02	0.1169
22	165.20	164.90	165.10	165.02	0.1169
23	164.89	164.90	165.10	165.02	0.1169
24	164.85	164.90	165.10	165.02	0.1169
25	164.84	164.90	165.10	165.02	0.1169
26	165.00	164.90	165.10	165.02	0.1169
27	164.91	164.90	165.10	165.02	0.1169
28	164.95	164.90	165.10	165.02	0.1169
29	164.96	164.90	165.10	165.02	0.1169
30	165.21	164.90	165.10	165.02	0.1169
31	165.19	164.90	165.10	165.02	0.1169
32	165.19	164.90	165.10	165.02	0.1169
33	165.22	164.90	165.10	165.02	0.1169
34	165.11	164.90	165.10	165.02	0.1169
35	165.00	164.90	165.10	165.02	0.1169
36	165.00	164.90	165.10	165.02	0.1169
37	164.89	164.90	165.10	165.02	0.1169
38	164.91	164.90	165.10	165.02	0.1169
39	164.90	164.90	165.10	165.02	0.1169
40	165.10	164.90	165.10	165.02	0.1169

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Gráfico de control de los cortes y defectos



Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis de la table 11 y el grafico de control, figura 8, se puede determinar que no está bajo control el proceso de corte de las láminas de vidrio para la fabricación de las ventanas de sistema nova, ya que las mediciones de los cortes superan el mínimo requerido, con una desviación estándar de 0.1169, indicador de que en cada corte es muy probable que se incurra en un defecto.

Fase Analizar

Con los resultados obtenidos en la fase medir, se procedió a efectuar el análisis del nivel sigma de la empresa en el proceso de fabricación de las ventanas de sistema nova, para ello se tiene la siguiente información:

Tabla 12. *Tabla ponderativa del nivel sigma*

Capacidad de producción (CP)	Nivel Sigma
CP >= 2	Clase mundial, se tiene calidad Six Sigma.
CP > 1.33	Clase 1, valor adecuado.
1 < CP < 1.33	Clase 2, parcialmente adecuado, es necesario controles.
0.67 < CP < 1	Clase 3, no adecuado para el proceso, requiere cambios.
CP < 0.67	Clase 4, no adecuado para el proceso, cambios urgentes.

Fuente: Adaptado de César Alayo (2023).

Además, se tiene la siguiente información:

CP: Capacidad del proceso.

LSE: Límite superior específico = 165.10 cm.

LIE: Límite inferior específico = 164.90 cm.

DS: Desviación estándar = 0.1169

Promedio (u) = 165.02

Con ello se tiene la siguiente fórmula:

$$CP = \frac{LSE - LIE}{6DS}$$

Reemplazando datos:

$$CP = \frac{165.10 - 164.90}{6 \times 0.1169}$$

$$\mathbf{CP = 0.285}$$

Luego, se efectuó el cálculo de la capacidad real del proceso (CPK):

$$CPI = \frac{u - LIE}{3DS}$$

$$CPS = \frac{LSE - u}{3DS}$$

Reemplazando datos en ambas fórmulas:

$$CPI = \frac{165.02 - 164.90}{3 \times 0.1169} = \mathbf{0.3421}$$

$$CPS = \frac{165.10 - 165.02}{3 \times 0.1169} = \mathbf{0.2281}$$

Para determinar el valor del CPK se escoge el menor valor obtenido entre el CPI y el CPS, por ende:

$$\mathbf{CPS = CPK = 0.2281}$$

El valor de la capacidad real de producción (CPK) en la fabricación de las ventanas de sistema nova fue de 0.2281 y según las ponderaciones Six Sigma de la tabla 12, la empresa se encuentra en un nivel 4, en consecuencia:

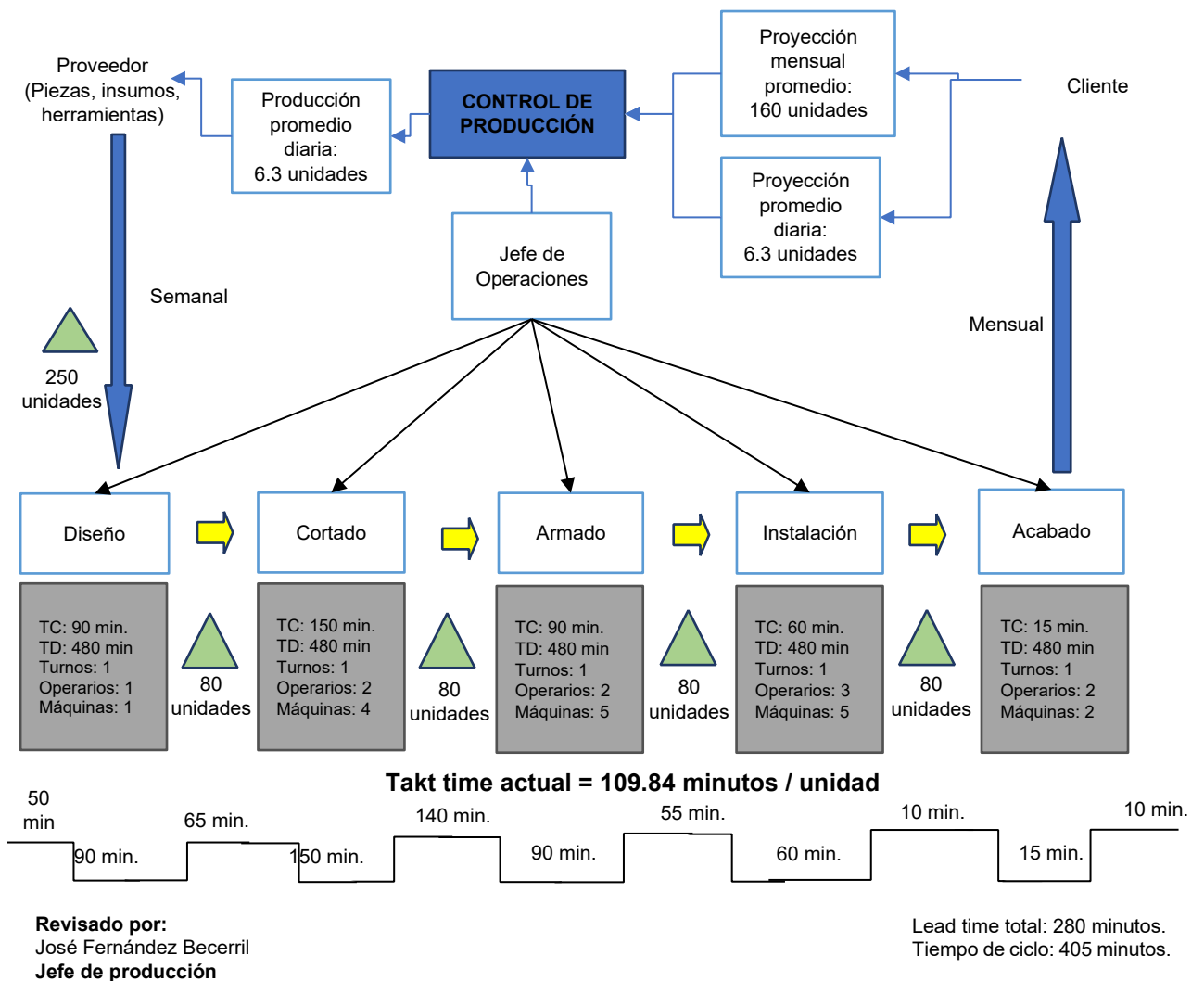
El método de fabricación de las ventanas de sistema nova no es adecuado para el proceso de producción, se requiere hacer cambios urgentes en la empresa de vidrios Rioja, 2023.

Fase Mejorar

A. Mejora del tiempo operativo

Para mejorar el tiempo operativo del flujo en el procesamiento de las ventanas de sistema nova, se empleó la herramienta denominada Mapa de flujo de valor o Value Stream Mapping (VSM), para tal fin en primer lugar se diseñó el VSM actual de la empresa.

Figura 9. VSM actual de la empresa



El esquema de la figura 9 muestra que el tiempo de espera total (Lead time), actual, es de 280 minutos y el tiempo total del ciclo del procesamiento de las ventanas de sistema nova es de 405 minutos, sumando un total de 685 minutos (11.42 horas),

un exceso considerando que el turno solo es de 8 horas (480 minutos), cabe mencionar que el tiempo inicial de 50 minutos no se consideró en la etapa de fabricación dado que ese tiempo hace referencia al tiempo que tarda el proveedor en enviar los insumos de fabricación.

Cálculo del Takt Time

Para mejorar el tiempo operativo se procedió a calcular el Takt Time o tiempo efectivo de trabajo actual, para ello se tiene la siguiente información:

Tiempo disponible: 8 horas al día = 480 minutos/día

Producción actual promedio = 4.37 ventanas de sistema nova (Ver tabla 4).

$$\text{Takt time actual} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda diaria}}$$

$$\text{Takt time} = \frac{480 \text{ minutos}}{4.37 \text{ unidades}}$$

$$\text{Takt time actual} = 109.84 \text{ minutos / unidad, ventana de sistema nova}$$

Como se observa, según el análisis de la tabla 4 (Eficacia pretest de la producción), el tiempo actual de producción es de 109.84 minutos por cada ventana de sistema nova, un tiempo excesivo considerando que solo se cuenta con 8 horas de trabajo. En función a ello se procedió al cálculo del tiempo operativo ideal para la fabricación de cada unidad.

Tiempo disponible: 8 horas al día = 480 minutos/día

Demanda diaria de ventanas de sistema nova: 6.3, equivalente a 7 unidades.

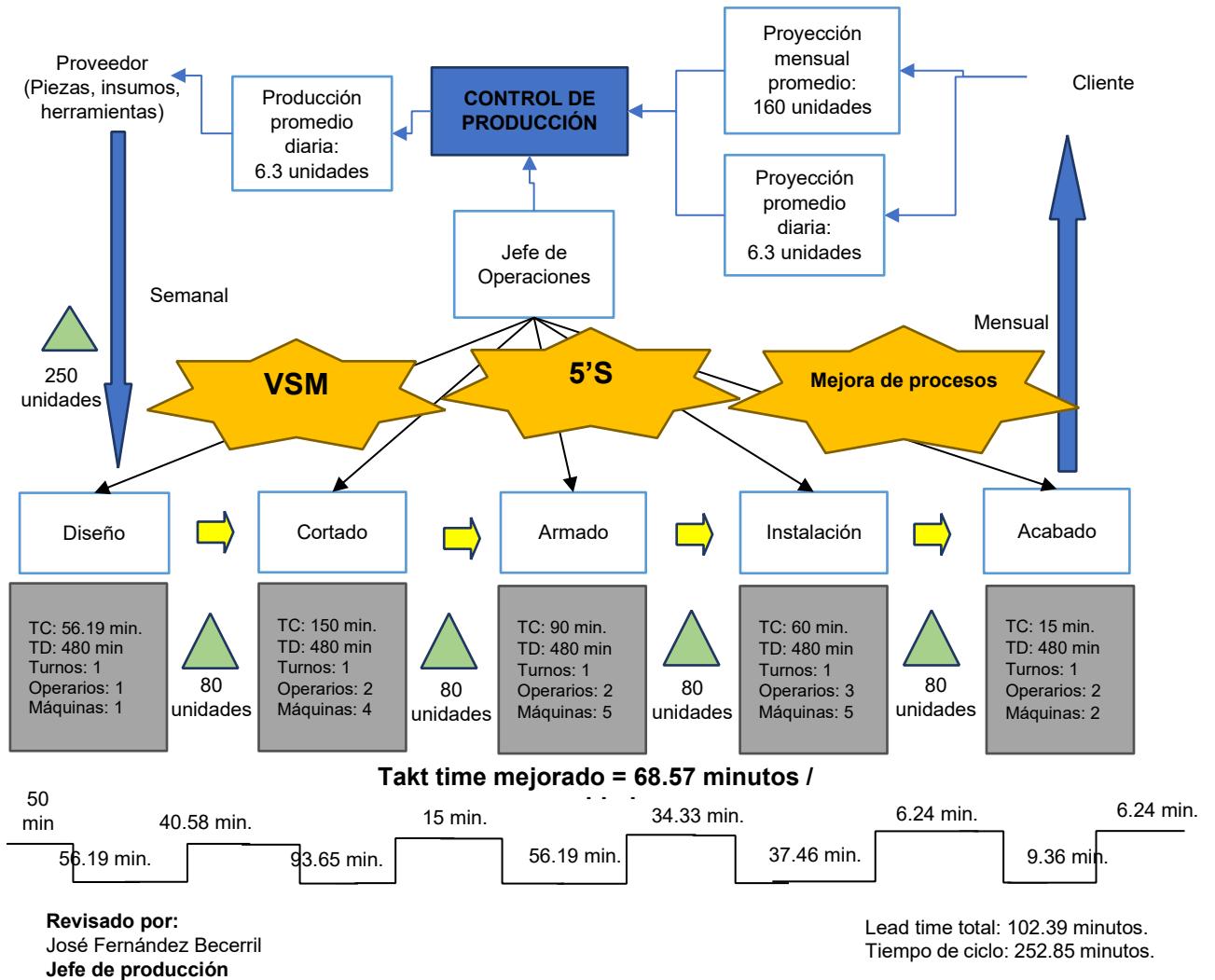
$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda diaria}}$$

$$\text{Takt time} = \frac{480 \text{ minutos}}{7 \text{ unidades}}$$

$$\text{Takt time} = 68.57 \text{ minutos / unidad, ventana de sistema nova}$$

Con este resultado se puede decir que el tiempo óptimo para la fabricación de las ventanas de sistema nova es de 68.57 minutos por cada unidad es decir un 37.57% menos que el tiempo actual de fabricación. En ese sentido, a continuación se presenta el siguiente VSM con los tiempos mejorados.

Figura 10. VSM mejorado



Con el esquema mejorado de la figura 10, se puede apreciar que el tiempo del Lead time total es de 102.39 minutos y el tiempo de ciclo es de 252.85 minutos, en total esto suma 355.24 minutos, que equivale a 5.92 horas que comparado con el actual, es una mejora del 51.84%.

Figura 11. *Producto terminado, sistema nova*



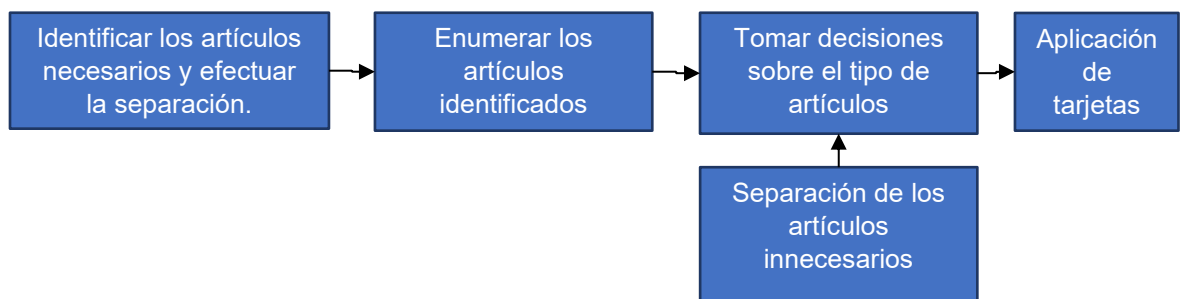
B. Método 5'S

Como parte de la mejora se aplicó la metodología 5'S para con ello optimizar el desarrollo de las actividades en el proceso de fabricación de las ventanas de sistema nova, para ello se tiene el siguiente desarrollo.

- **Clasificar (Seiri)**

En esta etapa se procede a clasificar los elementos presentes en el área de producción de la empresa de vidrios, separando los artículos necesarios de los innecesarios para las actividades productivas, esto implica a aquellos elementos como herramientas, piezas, mobiliario, insumos, entre otros, el fin de esta fase es poder determinar el estado en que elementos presentes en esta área se encuentran.

Figura 12. *Flujo de la clasificación*



Para poder clasificar el tipo de artículos o elementos presentes en el área se utilizará el método Kanban de la siguiente forma:

Figura 13. Tarjeta verde

TARJETA KANBAN		
Aprobado	PRODUCTO	
	TIPO	
	CÓDIGO	
	FECHA:	
	HORA:	
	KG	

Esta tarjeta verde se colocará en aquellos artículos, productos o elementos que estén operativos y sean necesarios para la actividad productiva.

Figura 14. Tarjeta amarilla

TARJETA KANBAN		
En producción	PRODUCTO	
	TIPO	
	CÓDIGO	
	FECHA:	
	HORA:	
	KG	

Esta tarjeta amarilla se empleará para demarcar a los artículos, productos o elementos que necesiten algún tipo de mejora o mantenimiento para que de esta forma sigan operativos y sirvan en la actividad productiva de la empresa.

Figura 15. Tarjeta roja

TARJETA KANBAN		
En Cuarentena	PRODUCTO	
	TIPO	
	CÓDIGO	
	FECHA:	
	HORA:	
	KG	

La tarjeta roja será colocada en aquellas existencias, presentes en el área de producción de la empresa, que no tengan ninguna función o estén obsoletas, esto con el fin de darles una segunda utilidad o ser desechadas por completo.

Según lo mencionado, a continuación, se muestran algunas aplicaciones de la clasificación en el área de la empresa

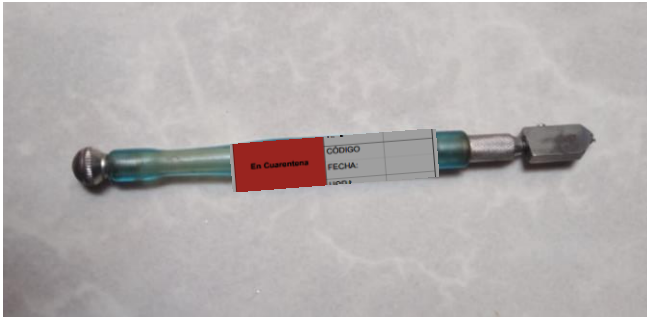
Figura 16. *Cortadora de madera y aluminio Makita – cortadora operativa*



Figura 17. *Taladros en mantenimiento*



Figura 18. Cortador con punta diamante desgastado



- **Ordenar (Seiton)**

Una vez separados los elementos necesarios para las actividades productivas de la empresa, se procede a ordenarlos según su tipo e importancia, esto dinamizará el desarrollo del proceso de fabricación ya que no habrá obstáculos en los pasadizos del área y será más fácil ubicar cada artículo, producto o insumo de producción.

Figura 19. Flujo del ordenamiento

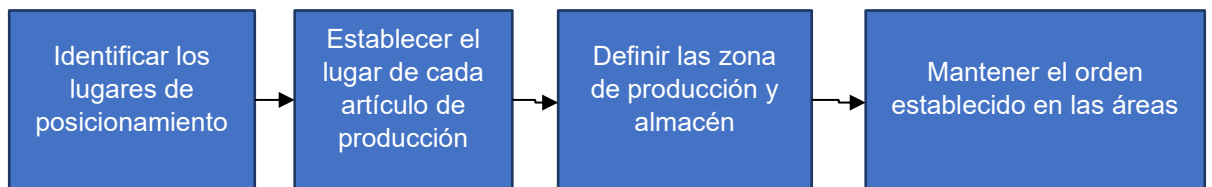


Figura 20. Orden del área de producción de la empresa

Antes

Después

- **Limpiar (Seiso)**

En esta etapa se procede a realizar las actividades de limpieza en el área de trabajo para evitar la presencia de cualquier agente extraño o contaminante durante los procesos de fabricación de las ventanas de sistema nova.

Figura 21. *Flujo de la limpieza*

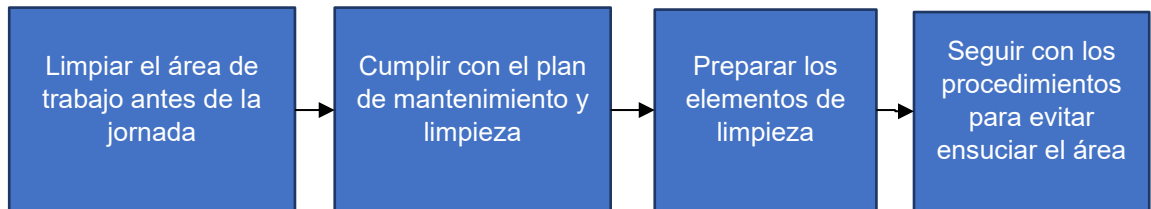


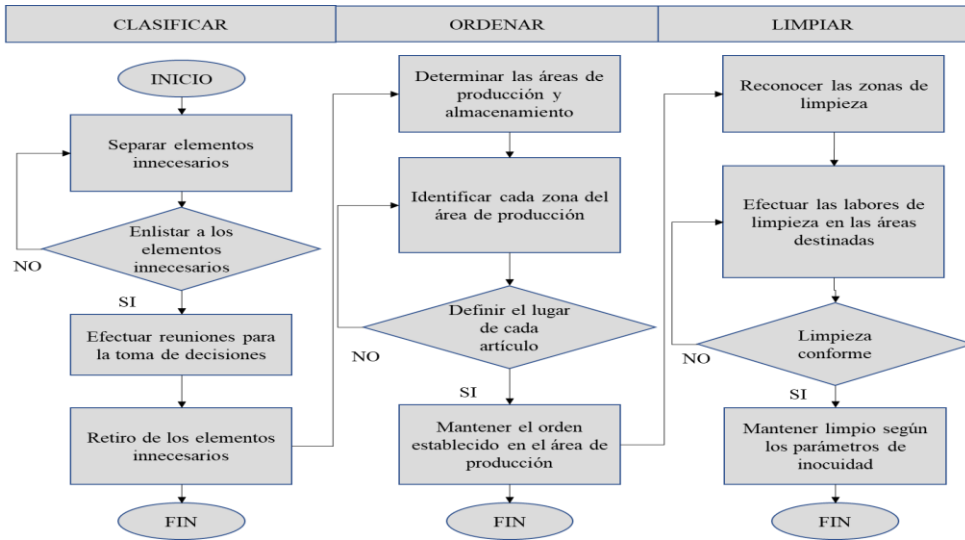
Figura 22. *Limpieza y recogida de desechos de los insumos*



- **Estandarizar (Seiketsu)**

Ejecutadas las 3 primeras etapas, se procede a estandarizar cada fase con el fin de uniformizar las fases de clasificar, ordenar y limpiar, con ello se busca el aseguramiento del desarrollo de las 5'S.

Figura 23. Estandarización




- **Disciplinar (Shitsuke)**

Es esta etapa se procede a determinar los parámetros de cumplimiento de las 5'S por parte del personal del área de producción de la empresa, con ello se busca crear conciencia y así un nuevo ambiente laboral.

Tabla 13. Seguimiento de cumplimiento de las 5'S

Área:		Producción								Fecha:		03/09/2023						
Responsable:		Jefe de producción																
N ^o	Actividad	Estado	2023															
			Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Clasificación de artículos presentes en el área de producción.	P		X	X													
		E	X			X	X											
2	Áreas establecidas para el ordenamiento.	P					X											
		E	X	X	X	X												
3	Áreas establecidas para almacenaje de productos e insumos de producción.	P			X													
		E	X	X		X	X											
4	Cumplimiento de las actividades de limpieza.	P		X	X													
		E	X			X	X											
5		P		X			X											

	Control de la limpieza	E	X		X	X													
6	Seguimiento de productos clasificados.	P				X													
		E	X	X	X	X													
7	Evaluación de las 5'S.	P			X		X												
		E	X	X		X													
Revisado por: José Fernández Becerril Jefe de producción																			
 Jorge Fernández Becerril Jefe de Producción																			

Fuente: Elaboración propia. P (programado), E (ejecutado).

C. Gestión del proceso crítico

Dado que el proceso que genera el cuello de botella en la fabricación de las ventanas de sistema nova fue el Cortado de las piezas de vidrio, se procedió a aplicar una gestión por procesos en esta actividad y así mejorar el desarrollo de sus actividades, para ello se tiene el siguiente desarrollo.

- **Formato del proceso de cortado**

Para mejorar el desarrollo del proceso de cortado, se procedió a estructurar un formato de funciones que permita identificar a detalle este proceso y así optimizar su ejecución.

Tabla 14. *Proceso de cortado de piezas*

Proceso	Tipo	Código	Fecha
Cortado	Operativo	F-001	27/09/2023
Objetivo			
Efectuar el cortado preciso de las piezas de vidrio y aluminio según las especificaciones del modelo de ventana a fabricar y cumpliendo los estándares de producción con los requerimientos del cliente.			
Actividades			
. Revisión de diseño de ventana a fabricar. . Desempacado de las piezas de vidrio y aluminio. . Medición de las piezas según el diseño. . Enlistado de herramientas de corte. . Verificación de las herramientas de corte. . Cortado de las piezas según especificaciones técnicas y del cliente. . Medición del corte y exactitud. . Traslado al proceso de armado.			
Responsable			
Jefe de producción			
Entradas		Salidas	
. Formatos del diseño de la ventana.		. Conformidad del diseño.	

. Registro de herramientas. . Piezas para corte. . Ficha de medidas. . Registro de verificación del proceso.	. Conformidad de las herramientas. . Piezas de vidrio y aluminio cortadas. . Formato de verificación con conformidades.
Indicadores	
. % Piezas de vidrio y aluminio cortadas correctamente. . % Reprocesos de cortado de las piezas.	

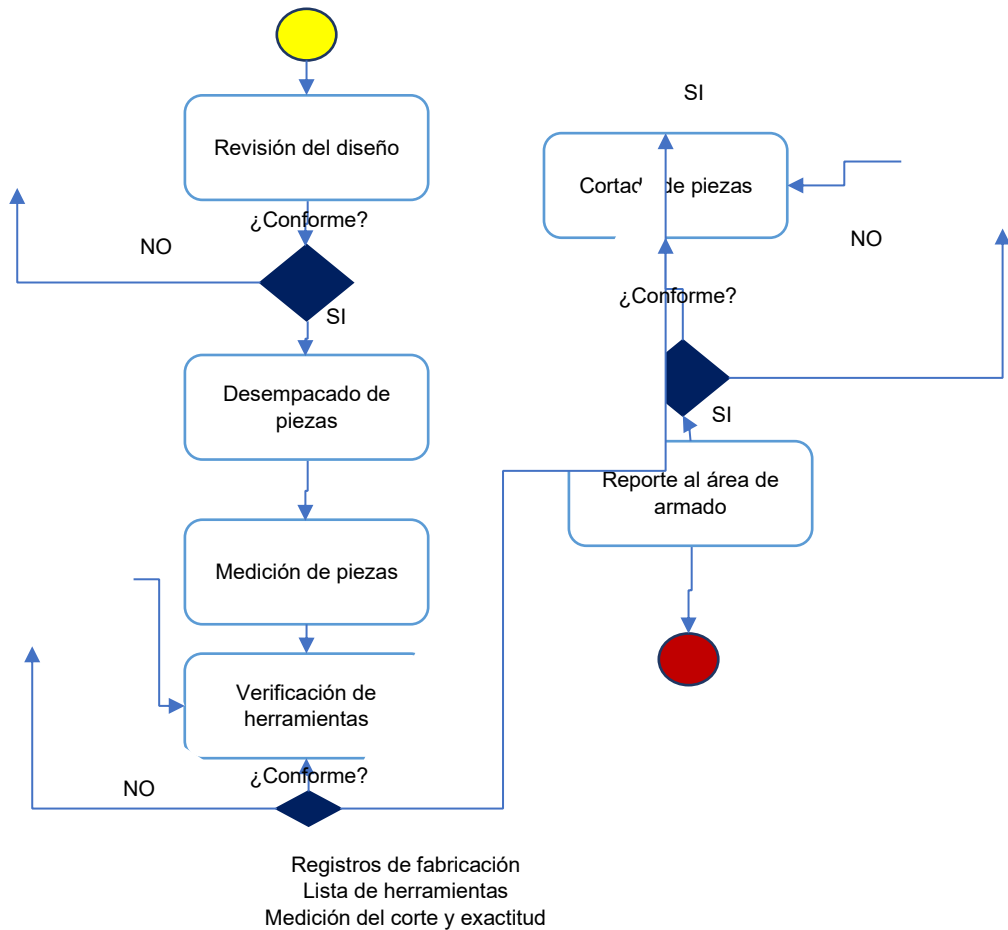
Fuente: Elaboración propia.

Este formato se adjuntará al manual de funciones que tiene la empresa de vidrios.

● **Diagrama de flujo para el proceso de cortado**

Con el fin de estandarizar el proceso de cortado se dispuso el diseño de un diagrama de flujo que permita identificar cada actividad y de esta forma tener una guía que optimice el desarrollo del proceso.

Figura 24. *Proceso de cortado*




Fuente: Elaboración propia.

- **Guía de inspección del proceso de cortado**

Para verificar el cumplimiento de las actividades del proceso de cortado de las piezas del área de producción de la empresa de vidrios, se aplicó una guía de inspección que permita mejorar y controlar este proceso.

Tabla 15. *Guía de inspección*

Área:		Producción	Fecha:
Responsable:		Jefe de producción	15/09/2023
N°	Actividad	Ejecutado	
		SI	NO
1	Revisión de diseño de ventana a fabricar	X	
2	Desempacado de las piezas de vidrio y aluminio.	X	
3	Medición de las piezas según el diseño.	X	
4	Enlistado de herramientas de corte.	X	
6	Verificación de las herramientas de corte.	X	
7	Cortado de las piezas según especificaciones técnicas y del cliente.	X	
8	Control de Medición del corte y exactitud.	X	
Cumplimiento			100.00%
Revisado por: José Fernández Becerril Jefe de producción		 Jorge Fernández Becerril Jefe de Producción	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 25. *Inspección del proceso*



Fase Controlar

En esta fase se aplicarán los formatos para el control del cumplimiento de los parámetros de los procesos establecidos en el diagnóstico inicial, para ello se utilizó la guía de verificación (Anexo 2) y los gráficos de control estadístico.

- **Evaluación de los procesos después de aplicar el Six Sigma**

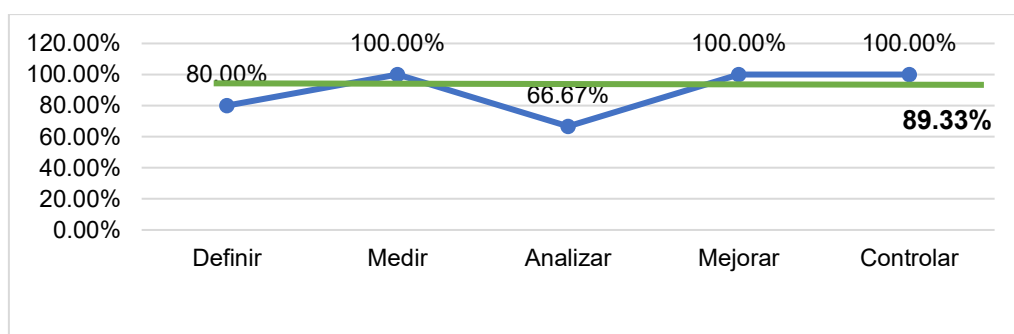
Para evaluar nuevamente los procesos según los parámetros del Six Sigma se volvió a emplear la guía de verificación del cumplimiento DMAIC (Anexo 2) y de esta forma controlar si con la aplicación de las herramientas de mejora existe un incremento del índice de cumplimiento.

Tabla 16. Resumen de la guía de verificación post implementación

Etapa	Cumplimiento
Definir	80.00%
Medir	100.00%
Analizar	66.67%
Mejorar	100.00%
Controlar	100.00%
Promedio	89.33%

Fuente: Elaboración propia. El desarrollo completo de la guía en el Anexo 5.

Figura 26. Tendencia del cumplimiento post aplicación del DMAIC



La tabla 16 muestra que con la aplicación de las fases de la metodología Six Sigma – DMAIC y con las herramientas de mejora (VSM, 5'S y gestión de procesos), el cumplimiento en el post test fue del 89.33%, que con respecto al diagnóstico inicial, 46.67% (Tabla 2), se evidencia una mejora del 42.66%, indicador de existe una influencia positiva del método de mejora en el

desarrollo de las actividades de la empresa de vidrios. Este control debe de realizarse de forme mensual y así estimar nuevas mejoras o deficiencias, para con ello establecer nuevas estrategias y orientar los procesos a la mejora continua.

- **Control estadístico del corte después de aplicar el Six Sigma**

Dado que el proceso crítico identificado fue el de cortado, posterior a la aplicación del Six Sigma y de las herramientas de mejora, se procedió a medir nuevamente el tipo de corte del largo de las piezas de vidrio para el uso de las ventanas de sistema nova, para ello se empleó nuevamente el control estadístico.

Largo mínimo: 164.90 cm.

Largo máximo: 165.10 cm.

Muestra: 40 mediciones.

Tabla 17. *Medición de cortes post test*

N°	Medición (Cm)
1	165.05
2	165.01
3	165.05
4	165.02
5	165.05
6	164.95
7	164.96
8	164.97
9	164.95
10	165.00
11	164.99
12	165.02
13	165.03
14	165.01
15	165.01
16	165.04
17	165.02
18	164.98
19	164.97
20	165.02
21	165.04
22	165.03

23	165.01
24	165.05
25	164.97
26	164.99
27	164.93
28	164.99
29	165.02
30	165.03
31	165.03
32	165.01
33	165.04
34	165.01
35	165.04
36	165.02
37	165.01
38	165.01
39	164.95
40	164.98

Fuente: Elaboración propia.

Obtenidas estas nuevas mediciones de los cortes de las piezas de vidrio se procedió a realizar el control estadístico post test.

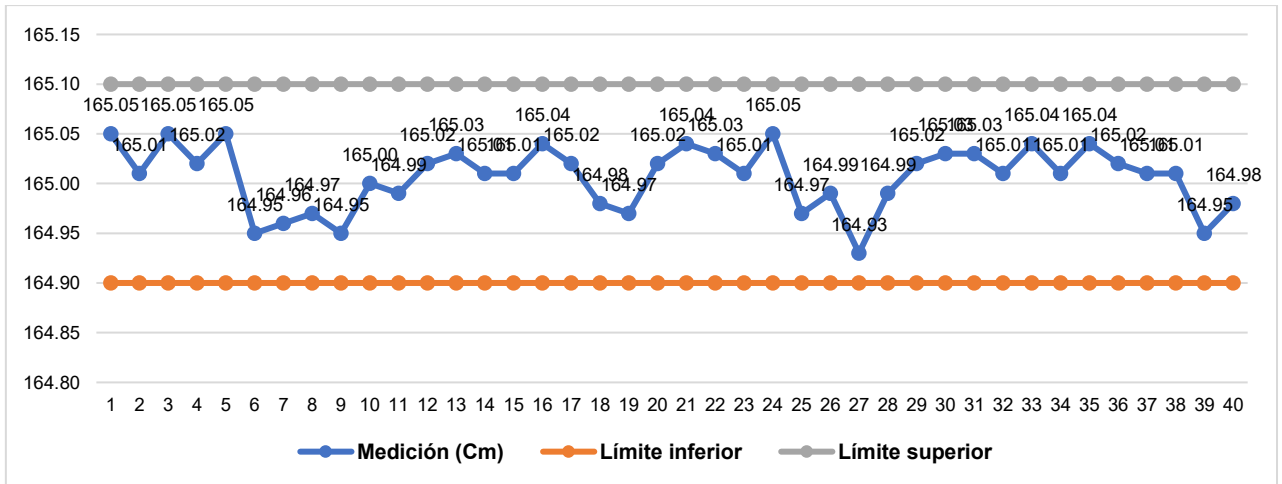
Tabla 18. *Control estadístico post test*

N°	Medición (Cm)	Límite inferior	Límite superior	Promedio	Desviación
1	165.05	164.90	165.10	165.01	0.0317
2	165.01	164.90	165.10	165.01	0.0317
3	165.05	164.90	165.10	165.01	0.0317
4	165.02	164.90	165.10	165.01	0.0317
5	165.05	164.90	165.10	165.01	0.0317
6	164.95	164.90	165.10	165.01	0.0317
7	164.96	164.90	165.10	165.01	0.0317
8	164.97	164.90	165.10	165.01	0.0317
9	164.95	164.90	165.10	165.01	0.0317
10	165.00	164.90	165.10	165.01	0.0317
11	164.99	164.90	165.10	165.01	0.0317
12	165.02	164.90	165.10	165.01	0.0317
13	165.03	164.90	165.10	165.01	0.0317
14	165.01	164.90	165.10	165.01	0.0317
15	165.01	164.90	165.10	165.01	0.0317
16	165.04	164.90	165.10	165.01	0.0317
17	165.02	164.90	165.10	165.01	0.0317
18	164.98	164.90	165.10	165.01	0.0317

19	164.97	164.90	165.10	165.01	0.0317
20	165.02	164.90	165.10	165.01	0.0317
21	165.04	164.90	165.10	165.01	0.0317
22	165.03	164.90	165.10	165.01	0.0317
23	165.01	164.90	165.10	165.01	0.0317
24	165.05	164.90	165.10	165.01	0.0317
25	164.97	164.90	165.10	165.01	0.0317
26	164.99	164.90	165.10	165.01	0.0317
27	164.93	164.90	165.10	165.01	0.0317
28	164.99	164.90	165.10	165.01	0.0317
29	165.02	164.90	165.10	165.01	0.0317
30	165.03	164.90	165.10	165.01	0.0317
31	165.03	164.90	165.10	165.01	0.0317
32	165.01	164.90	165.10	165.01	0.0317
33	165.04	164.90	165.10	165.01	0.0317
34	165.01	164.90	165.10	165.01	0.0317
35	165.04	164.90	165.10	165.01	0.0317
36	165.02	164.90	165.10	165.01	0.0317
37	165.01	164.90	165.10	165.01	0.0317
38	165.01	164.90	165.10	165.01	0.0317
39	164.95	164.90	165.10	165.01	0.0317
40	164.98	164.90	165.10	165.01	0.0317

Fuente: Elaboración propia.

Figura 27. Gráfico de control de los cortes post test



Fuente: Elaboración propia.

Tal como se aprecia en la figura 27, el proceso de corte de las piezas de vidrio (curva azul) se encuentra dentro de los límites de control (Límite inferior, recta naranja. Límite superior, recta gris), este es un indicador de

que el proceso de corte, en el post test, gracias a la aplicación de la metodología de mejora, ahora se encuentra bajo control garantizándose de esta manera la calidad del producto al tener mejores dimensiones, de esta forma se reduce el cuello de botella. Además, en la tabla 18 se observa que la desviación estándar de la muestra es de 0.0317, esto indica que se aumenta la probabilidad de que los cortes estén de dentro de los parámetros mínimos establecidos.

- **Nuevo nivel Sigma**

Con los nuevos datos obtenidos en el post test del proceso de control de los cortes, se procedió a determinar el nuevo nivel Sigma de la empresa, para ello se volvió a emplear la tabla ponderativa Six Sigma (Tabla 12) y se consideró la siguiente información.

CP: Capacidad del proceso.

LSE: Límite superior específico = 165.10 cm.

LIE: Límite inferior específico = 164.90 cm.

DS: Desviación estándar = 0.0317

Promedio (μ) = 165.01

Con ello se tiene la siguiente fórmula:

$$CP = \frac{LSE - LIE}{6DS}$$

Reemplazando datos:

$$CP = \frac{165.10 - 164.90}{6 \times 0.0317}$$

$$\mathbf{CP = 1.05}$$

Luego, se efectuó el cálculo de la capacidad real del proceso (CPK):

$$CPI = \frac{\mu - LIE}{3DS}$$

$$CPS = \frac{LSE - \mu}{3DS}$$

Reemplazando datos en ambas fórmulas:

$$\text{CPI} = \frac{165.01 - 164.90}{3 \times 0.0317} = \mathbf{1.57}$$

$$\text{CPS} = \frac{165.10 - 165.01}{3 \times 0.0317} = \mathbf{0.95}$$

Para determinar el valor del CPK se escoge el menor valor obtenido entre el CPI y el CPS, por ende:

$$\mathbf{\text{CPS} = \text{CPK} = 0.95}$$

El valor de la capacidad real de producción (CPK) en la fabricación de las ventanas de sistema nova fue de 0.95 mucho más elevado que en la etapa del análisis, que fue de 0.2281 y es notable la mejoría, sin embargo, según las ponderaciones del Six Sigma, en la tabla 12, la empresa subió a un nivel 3, que fue un resultado esperado por el corto tiempo de aplicación de la metodología de mejora, en consecuencia:

El método de fabricación de las ventanas de sistema nova aun no es adecuado para el proceso de producción, pero los cambios a efectuar ya no son urgentes en la empresa de vidrios Rioja, por el contrario se sugiere seguir con la aplicación de las herramientas de mejora.

4.5. Evaluación de la productividad después de aplicar el Six Sigma

Posterior a la aplicación de la metodología de mejora, se procedió a evaluar los índices de la productividad en un post test, para ello se efectuó un plan piloto en las dos primeras semanas del mes de octubre, con los datos obtenidos se hizo una proyección para el resto del mes de octubre y noviembre.

Eficiencia

Para el registro de la eficiencia en el post test se volvió a emplear el formato del Anexo 3, considerándose los periodos octubre – noviembre 2023.

Tabla 19. Eficiencia post test

Mes	Días laborados	Tiempo disponible (horas)	Tiempo empleado (horas)	Eficiencia (%)
Octubre	1	8.00	8.50	93.75%
	2	8.00	8.04	99.50%
	3	8.00	8.85	89.38%
	4	8.00	8.40	95.00%
	5	8.00	8.20	97.50%
	6	8.00	8.15	98.13%
	7	8.00	8.90	88.75%
	8	8.00	8.40	95.00%
	9	8.00	8.35	95.63%
	10	8.00	8.25	96.88%
	11	8.00	8.15	98.13%
	12	8.00	8.45	94.38%
	13	8.00	8.45	94.38%
	14	8.00	8.55	93.13%
	15	8.00	8.50	93.75%
	16	8.00	8.10	98.75%
	17	8.00	8.05	99.38%
	18	8.00	8.10	98.75%
	19	8.00	8.09	98.88%
	20	8.00	8.15	98.13%
	21	8.00	8.20	97.50%
	22	8.00	8.20	97.50%
	23	8.00	8.35	95.63%
	24	8.00	8.35	95.63%
	25	8.00	8.30	96.25%
	26	8.00	8.30	96.25%
Noviembre	27	8.00	8.01	99.88%
	28	8.00	8.01	99.88%
	29	8.00	8.10	98.75%
	30	8.00	8.20	97.50%
	31	8.00	8.20	97.50%
	32	8.00	8.15	98.13%
	33	8.00	8.25	96.88%
	34	8.00	8.30	96.25%
	35	8.00	8.20	97.50%
	36	8.00	8.25	96.88%
	37	8.00	8.15	98.13%
	38	8.00	8.10	98.75%
	39	8.00	8.40	95.00%
	40	8.00	8.35	95.63%
	41	8.00	8.45	94.38%
	42	8.00	8.50	93.75%
	43	8.00	8.50	93.75%
	44	8.00	8.50	93.75%
	45	8.00	8.35	95.63%
	46	8.00	8.35	95.63%
	47	8.00	8.25	96.88%
	48	8.00	8.40	95.00%

	49	8.00	8.40	95.00%
	50	8.00	8.35	95.63%
	51	8.00	8.35	95.63%
Total		408.00	423.40	96.23%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 19 muestra que la eficiencia global del tiempo empleado para la fabricación de las ventanas de sistema nova alcanzada durante el periodo octubre – noviembre del 2023, fue del 96.23%, valor que está superando el mínimo requerido por la empresa que es del 95%.

Eficacia

En el caso del índice de la eficacia de la producción obtenida en la fabricación de las ventanas de sistema nova, se consideró el mismo periodo que el mostrado en la eficiencia, obteniéndose el siguiente resultado.

Tabla 20. *Eficacia post test*

Mes	Días laborados	Producción obtenida	Producción proyectada	Eficacia (%)
Octubre	1	5.00	5.00	100.00%
	2	6.00	6.00	100.00%
	3	6.00	7.00	85.71%
	4	4.00	5.00	80.00%
	5	6.00	7.00	85.71%
	6	6.00	6.00	100.00%
	7	5.00	5.00	100.00%
	8	6.00	7.00	85.71%
	9	5.00	5.00	100.00%
	10	7.00	7.00	100.00%
	11	6.00	7.00	85.71%
	12	5.00	5.00	100.00%
	13	6.00	6.00	100.00%
	14	6.00	6.00	100.00%
	15	6.00	7.00	85.71%
	16	4.00	5.00	80.00%
	17	5.00	5.00	100.00%
	18	6.00	6.00	100.00%
	19	5.00	6.00	83.33%
	20	4.00	5.00	80.00%
	21	6.00	7.00	85.71%
	22	7.00	7.00	100.00%
	23	6.00	6.00	100.00%
	24	7.00	7.00	100.00%
	25	6.00	7.00	85.71%
	26	4.00	5.00	80.00%
Noviembre	27	5.00	5.00	100.00%
	28	7.00	7.00	100.00%
	29	5.00	5.00	100.00%
	30	6.00	6.00	100.00%
	31	4.00	5.00	80.00%
	32	5.00	6.00	83.33%
	33	6.00	6.00	100.00%
	34	7.00	7.00	100.00%
	35	6.00	7.00	85.71%

36	6.00	7.00	85.71%
37	5.00	5.00	100.00%
38	5.00	6.00	83.33%
39	6.00	6.00	100.00%
40	7.00	7.00	100.00%
41	8.00	8.00	100.00%
42	6.00	7.00	85.71%
43	7.00	8.00	87.50%
44	6.00	7.00	85.71%
45	6.00	6.00	100.00%
46	7.00	7.00	100.00%
47	7.00	7.00	100.00%
48	7.00	8.00	87.50%
49	7.00	7.00	100.00%
50	7.00	7.00	100.00%
51	6.00	7.00	85.71%
Total	299.00	321.00	93.15%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 20 se puede observar que la eficacia de la producción obtenida para la fabricación de las ventanas de sistema nova, en el periodo octubre – noviembre 2023, alcanzó un índice del 93.15%, superando la expectativa de la empresa de vidrios que considera un mínimo del 90%.

Efectividad

Con los resultados obtenidos en el post test de los índices de la eficiencia y la eficacia, se procedió a efectuar el cálculo de la efectividad de la fabricación de las ventanas de sistema nova en la empresa de vidrios.

Tabla 21. Efectividad post test

Mes	Días laborados	Eficiencia (%)	Eficacia (%)	Efectividad (%)
Octubre	1	93.75%	100.00%	93.75%
	2	99.50%	100.00%	99.50%
	3	89.38%	85.71%	76.61%
	4	95.00%	80.00%	76.00%
	5	97.50%	85.71%	83.57%
	6	98.13%	100.00%	98.13%
	7	88.75%	100.00%	88.75%
	8	95.00%	85.71%	81.42%
	9	95.63%	100.00%	95.63%
	10	96.88%	100.00%	96.88%
	11	98.13%	85.71%	84.11%
	12	94.38%	100.00%	94.38%
	13	94.38%	100.00%	94.38%
	14	93.13%	100.00%	93.13%
	15	93.75%	85.71%	80.35%
	16	98.75%	80.00%	79.00%
	17	99.38%	100.00%	99.38%
	18	98.75%	100.00%	98.75%
	19	98.88%	83.33%	82.40%
	20	98.13%	80.00%	78.50%
	21	97.50%	85.71%	83.57%
	22	97.50%	100.00%	97.50%
	23	95.63%	100.00%	95.63%

	24	95.63%	100.00%	95.63%	
	25	96.25%	85.71%	82.50%	
	26	96.25%	80.00%	77.00%	
Noviembre	27	99.88%	100.00%	99.88%	
	28	99.88%	100.00%	99.88%	
	29	98.75%	100.00%	98.75%	
	30	97.50%	100.00%	97.50%	
	31	97.50%	80.00%	78.00%	
	32	98.13%	83.33%	81.77%	
	33	96.88%	100.00%	96.88%	
	34	96.25%	100.00%	96.25%	
	35	97.50%	85.71%	83.57%	
	36	96.88%	85.71%	83.04%	
	37	98.13%	100.00%	98.13%	
	38	98.75%	83.33%	82.29%	
	39	95.00%	100.00%	95.00%	
	40	95.63%	100.00%	95.63%	
	41	94.38%	100.00%	94.38%	
	42	93.75%	85.71%	80.35%	
	43	93.75%	87.50%	82.03%	
	44	93.75%	85.71%	80.35%	
	45	95.63%	100.00%	95.63%	
	46	95.63%	100.00%	95.63%	
	47	96.88%	100.00%	96.88%	
	48	95.00%	87.50%	83.13%	
	49	95.00%	100.00%	95.00%	
	50	95.63%	100.00%	95.63%	
	51	95.63%	85.71%	81.96%	
		Total	96.23%	93.15%	89.64%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 21 indica que la efectividad alcanzada durante el periodo de análisis del post test fue del 89.64%, es decir que por cada 10 ventanas requeridas, aproximadamente 9 ya estarían cumpliendo con las especificaciones del cliente, indicador de que el proceso se está mejorando.

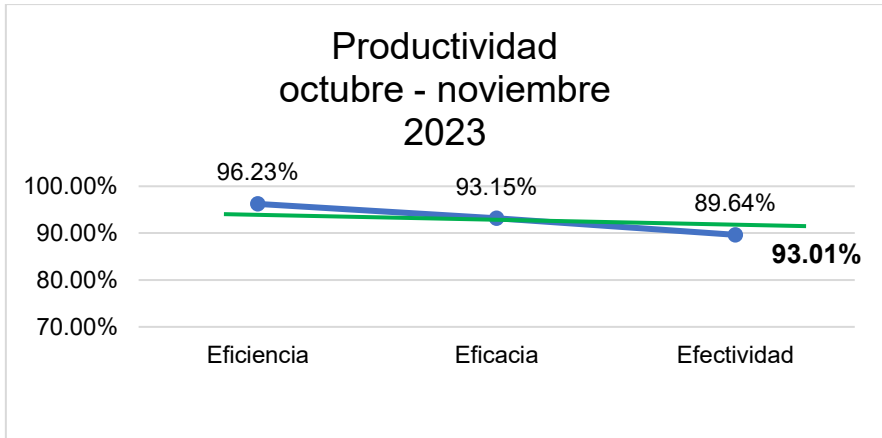
Con estos resultados se tiene la siguiente tabla de la productividad en el post test.

Tabla 22. *Resumen post test de la productividad*

Indicador	Valor
Eficiencia	96.23%
Eficacia	93.15%
Efectividad	89.64%
Promedio	93.01%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 28. *Tendencia de los indicadores de la productividad, post test*



Según los resultados mostrados, la productividad global de la fabricación de las ventanas de sistema nova en la empresa de vidrios, en el post test, alcanzó un valor del 93.01%.

4.6. Comparativa de resultados del pretest y el post test

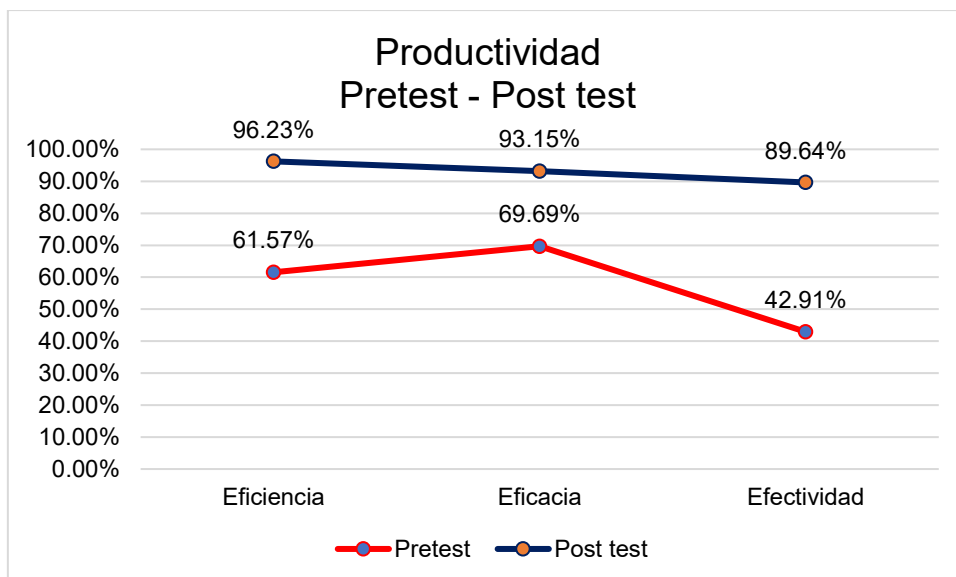
Con los resultados obtenidos en el pretest y en el post test, se procedió a efectuar una comparativa por medio de la estadística descriptiva, para ello se tiene la siguiente tabla y gráfico estadístico.

Tabla 23. Resultados pretest y post test

VARIABLE DE ESTUDIO	DIMENSIÓN	INDICADORES	Pretest	Post test	Mejora (%)
Variable dependiente: Procesos productivos	Eficiencia	% Eficiencia de los procesos productivos	61.57%	96.23%	34.66%
	Eficacia	% Eficacia de los procesos productivos	69.69%	93.15%	23.46%
	Efectividad	% Efectividad de los procesos productivos	42.91%	89.64%	46.73%
Promedio (%)					34.95%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 29. Gráfica estadística de la mejora de la productividad



Según el análisis de la tabla 23 y de la figura 29, descriptivamente se puede observar que entre el pretest y el post test existe una mejora de la productividad en un promedio del 34.95%, en el que el indicador de la eficiencia del tiempo empleado para producir es el que alcanzó el mejor valor con un cumplimiento del 96.23%, en consecuencia, se puede decir que: La implementación de la metodología Six Sigma mejora los procesos productivos de la empresa de vidrios, Rioja 2023.

4.7. Análisis inferencial

Para el análisis inferencial se procedió a contrastar las hipótesis planteadas en la presente investigación

4.7.1. Hipótesis general:

La implementación de la metodología Six Sigma mejora los procesos productivos de la empresa de vidrios, Rioja 2023.

Prueba de normalidad

Para ello se plantean las siguientes hipótesis de normalidad:

Ho: Los procesos productivos del pretest y el post test tienen una distribución normal.

Ha: Los procesos productivos del pretest y el post test no tienen una distribución normal.

Es así que se tiene la siguiente regla de decisión:

Si la significancia sig. (p_valor) > 5% (0.05), se acepta Ho.

Si la significancia sig. (p_valor) <= 5% (0.05), se acepta Ha.

Tabla 24. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov

Datos	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Procesos productivos pretest	.895	50	0.053
Procesos productivos post test	.895	50	0.868

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel v19.

La tabla 24 muestra que la significancia tanto en los procesos productivos del pretest como en el post test, es mayor a 0.05, por ende, se acepta la Ho: La productividad del pretest y el post test tienen una distribución normal. En ese sentido para corroborar la hipótesis general se empleó la prueba de T-Student.

Contraste de la hipótesis general

Ho: La implementación de la metodología Six Sigma no mejora los procesos productivos de la empresa de vidrios, Rioja 2023.

Ha: La implementación de la metodología Six Sigma mejora los procesos productivos de la empresa de vidrios, Rioja 2023.

Regla de decisión:

Si la significancia sig. (p_valor) > 5% (0.05), se acepta Ho.

Si la significancia sig. (p_valor) <= 5% (0.05), se acepta Ha.

Tabla 25. Prueba T para muestras emparejadas

Estadístico	Variable 1	Variable 2
Media	0.578909804	0.930403922
Varianza	0.002792363	0.002972591
Observaciones	51	51
Coefficiente de correlación de Pearson	0.019659294	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	50	
Estadístico t	-33.3898595	
P valor (T<=t) una cola	3.76358E-36	

Valor crítico de t (una cola)	1.675905025	
P valor (T<=t) dos colas	7.52717E-36	
Valor crítico de t (dos colas)	2.008559112	

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel v19.

Como se aprecia en la tabla 25, el valor de la significancia (P_valor) es menor al 0.05 (5%), por lo tanto, se rechaza la hipótesis Ho y se acepta la hipótesis Ha.

Ha: La implementación de la metodología Six Sigma mejora los procesos productivos de la empresa de vidrios, Rioja 2023.

4.7.2. Hipótesis específica 1:

La implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficiencia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

Prueba de normalidad

Se plantean las siguientes hipótesis de normalidad:

Ho: La eficiencia de los procesos productivos en el pretest y en el post test tienen una distribución normal.

Ha: La eficiencia de los procesos productivos en el pretest y en el post test no tienen una distribución normal.

En ese sentido, se tiene la siguiente regla de decisión:

Si la significancia sig. (p_valor) > 5% (0.05), se acepta Ho.

Si la significancia sig. (p_valor) <= 5% (0.05), se acepta Ha.

Tabla 26. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov, eficiencia

Datos	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia pretest	.895	50	0.142
Eficiencia post test	.895	50	0.099

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel v19.

La tabla 26 muestra que la significancia tanto en la eficiencia del pretest como en el post test, es mayor a 0.05, por ende, se acepta la Ho: La eficiencia de los procesos productivos del pretest y el post test tienen una distribución normal. En ese sentido para corroborar la hipótesis se empleó la prueba de T-Student.

Contraste de la hipótesis específica 1

Ho: La implementación de la metodología Six Sigma no mejora la eficiencia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

Ha: La implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficiencia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

Regla de decisión:

Si la significancia sig. (p_valor) > 5% (0.05), se acepta Ho.

Si la significancia sig. (p_valor) <= 5% (0.05), se acepta Ha.

Tabla 27. Prueba T para muestras emparejadas, eficiencia

Estadístico	Variable 1	Variable 2
Media	0.615731373	0.962280392
Varianza	0.001383134	0.0005461
Observaciones	51	51
Coefficiente de correlación de Pearson	-0.140537612	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	50	
Estadístico t	-53.0845826	
P valor (T<=t) una cola	6.13478E-46	
Valor crítico de t (una cola)	1.675905025	
P valor (T<=t) dos colas	1.22696E-45	
Valor crítico de t (dos colas)	2.008559112	

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel v19.

Como se aprecia en la tabla 27, el valor de la significancia (P_valor) es menor al 0.05 (5%), por lo tanto, se rechaza la hipótesis Ho y se acepta la hipótesis Ha.

Ha: La implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficiencia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

4.7.3. Hipótesis específica 2:

La implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficacia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

Prueba de normalidad

Para ello se plantean las siguientes hipótesis de normalidad:

Ho: La eficacia de los procesos productivos del pretest y el post test tienen una distribución normal.

Ha: La eficacia de los procesos productivos del pretest y el post test no tienen una distribución normal.

Es así que se tiene la siguiente regla de decisión:

Si la significancia sig. (p_valor) > 5% (0.05), se acepta Ho.

Si la significancia sig. (p_valor) ≤ 5% (0.05), se acepta Ha.

Tabla 28. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov, eficacia

Datos	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficacia pretest	.895	50	0.151
Eficacia post test	.895	50	0.369

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel v19.

La tabla 28 muestra que la significancia tanto en la eficacia del pretest como en el post test, es mayor a 0.05, por ende, se acepta la Ho: La eficacia de los procesos productivos del pretest y el post test tienen una distribución normal. En ese sentido para corroborar la hipótesis se empleó la prueba de T-Student.

Contraste de la hipótesis específica 2

Ho: La implementación de la metodología Six Sigma no mejora la eficacia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

Ha: La implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficacia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

Regla de decisión:

Si la significancia sig. (p_valor) > 5% (0.05), se acepta Ho.

Si la significancia sig. (p_valor) ≤ 5% (0.05), se acepta Ha.

Tabla 29. Prueba T para muestras emparejadas, eficacia

Estadístico	Variable 1	Variable 2
-------------	------------	------------

Media	0.694070588	0.93206078
Varianza	0.009139226	0.00648518
Observaciones	51	51
Coefficiente de correlación de Pearson	0.840559947	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	50	
Estadístico t	-32.81809006	
P valor (T<=t) una cola	8.60226E-36	
Valor crítico de t (una cola)	1.675905025	
P valor (T<=t) dos colas	1.72045E-35	
Valor crítico de t (dos colas)	2.008559112	

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel v19.

Como se aprecia en la tabla 29, el valor de la significancia (P_valor) es menor al 0.05 (5%), por lo tanto, se rechaza la hipótesis H_0 y se acepta la hipótesis H_a .

H_a : La implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficacia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

4.7.4. Hipótesis específica 3:

La implementación de la metodología Six Sigma mejora la efectividad de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

Prueba de normalidad

Para ello se plantean las siguientes hipótesis de normalidad:

H_0 : La efectividad de los procesos productivos del pretest y el post test tienen una distribución normal.

H_a : La efectividad de los procesos productivos del pretest y el post test no tienen una distribución normal.

Es así que se tiene la siguiente regla de decisión:

Si la significancia sig. (p_valor) > 5% (0.05), se acepta H_0 .

Si la significancia sig. (p_valor) ≤ 5% (0.05), se acepta H_a .

Tabla 30. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov, efectividad

Datos	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Efectividad pretest	.895	50	0.057
Efectividad post test	.895	50	0.230

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel v19.

La tabla 30 muestra que la significancia tanto en la efectividad del pretest como en el post test, es mayor a 0.05, por ende, se acepta la Ho: La efectividad de los procesos productivos del pretest y el post test tienen una distribución normal. En ese sentido para corroborar la hipótesis se empleó la prueba de T-Student.

Contraste de la hipótesis específica 3

Ho: La implementación de la metodología Six Sigma no mejora la efectividad de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

Ha: La implementación de la metodología Six Sigma mejora la efectividad de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

Regla de decisión:

Si la significancia sig. (p_valor) > 5% (0.05), se acepta Ho.

Si la significancia sig. (p_valor) <= 5% (0.05), se acepta Ha.

Tabla 31. Prueba T para muestras emparejadas, efectividad

Estadístico	Variable 1	Variable 2
Media	0.42692549	0.89686078
Varianza	0.003663874	0.00644083
Observaciones	51	51
Coefficiente de correlación de Pearson	0.927573322	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	50	
Estadístico t	-101.523015	
P(T<=t) una cola	6.97824E-60	
Valor crítico de t (una cola)	1.675905025	
P(T<=t) dos colas	1.39565E-59	
Valor crítico de t (dos colas)	2.008559112	

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Excel v19.

Como se aprecia en la tabla 31, el valor de la significancia (P_valor) es menor al 0.05 (5%), por lo tanto, se rechaza la hipótesis Ho y se acepta la hipótesis Ha.

Ha: La implementación de la metodología Six Sigma mejora la efectividad de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

V. DISCUSIÓN

Con respecto al objetivo general, determinar el efecto de implementar la metodología Six Sigma en los procesos productivos de la empresa de vidrios, en primer lugar se aplicó una guía de verificación para evaluar el cumplimiento de los procesos productivos de la empresa con respecto a los parámetros del Six Sigma DMAIC (Tabla 2), obteniendo como resultado un valor del 46.67%, evidenciando de esta forma deficiencias en el desarrollo de las actividades productivas, además, se analizaron los índices de la productividad en los meses julio – agosto del 2023, obteniendo una productividad de los procesos operativos del 58.06% (Tabla 6), con ello se aplicó la metodología Six Sigma, empleando metodologías estandarizadas como diagramas de operaciones, Ishikawa, Pareto, gráficos de control estadístico, VSM, 5'S y gestión por procesos, obteniendo en la etapa post test un cumplimiento del Six Sigma del 89.33% (Tabla 16) y un índice de productividad de los procesos productivos del 93.01% (Tabla 22), representado una mejora del 34.95% (Tabla 23), es así que por medio de la estadística descriptiva se pudo corroborar la hipótesis general aceptando que: La implementación de la metodología Six Sigma mejora los procesos productivos de la empresa de vidrios. Estos resultados concuerdan con la investigación de Bernabé (2023) que tras efectuar el análisis de los procesos productivos con una guía de verificación y obtener un cumplimiento del 77%, aplicó el Six Sigma DMAIC, utilizando formatos estandarizados de procesos, diagramas de flujo y mapas de procesos, obteniendo en el post test un incremento en el índice de productividad de sus procesos del 20.73%, coincidiendo de esta forma que si una empresa no aplica metodologías ni herramientas de control de sus procesos claves, corre el riesgo de no llegar a las metas trazadas

perjudicando sus valores productivos, así mismo, Benalcázar (2021) indica que implementar métodos como el Lean Six Sigma influyen directamente en la mejora de los procesos de una organización, de esta forma se evidencia la utilidad de aplicar esta herramienta de mejora y su repercusión en los procesos productivos de la empresa manipuladora de vidrios.

Con referencia al primer objetivo específico, determinar el efecto de la implementación de la metodología Six Sigma en la eficiencia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, en la etapa del pretest se tomó como muestra los tiempos empleados de producción diaria, durante julio – agosto del 2023 (Tabla 3) y se evaluó en función al tiempo disponible para ejecutar los procesos productivos, obteniendo un índice de eficiencia del tiempo empleado del 61.57%, un valor por debajo del mínimo esperado por la empresa que es del 95%, de esta forma se evidenció que al no aplicarse ningún método de producción estandarizado, no se tiene un control de los tiempos generando retrasos productivos. Es así que con la metodología Six Sigma en su fase de Mejorar, se aplicó la herramienta DOP y VSM para de esta forma optimizar el tiempo Takt, con ello se logró mejorar el tiempo operativo empleado ya que en el post test, en el periodo octubre – noviembre, se logró una eficiencia del tiempo del 96.23% (Tabla 19), luego por medio de la estadística descriptiva se efectuó las comparaciones entre ambas mediciones resultando un incremento del índice de eficiencia del 34.66% (Tabla 23), de esta forma se aceptó la primera hipótesis específica: La implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficiencia de los procesos productivos de una empresa de vidrios. Estos resultados concuerdan con la investigación de Landeo y Concha (2022) quienes tras evaluar los procesos productivos de una empresa productora de quesos, observaron un exceso en el tiempo de producción de 30 minutos generando una eficiencia de la productividad del 93.7%, en tal sentido aplicó el Six Sigma por medio del VSM y formatos de procesos, optimizando el tiempo de producción en 15 minutos incrementando la eficiencia hasta en un 50%, de esta forma ambas investigaciones lograron demostrar la influencia positiva de aplicar la propuesta en sus respectivas empresas. En tal sentido, Bazán (2021) explica que la aplicación del Six Sigma, por ser una metodología Lean, elimina los desperdicios de procesamiento favoreciendo a la ejecución de los procesos en tiempos más cortos.

Con respecto al segundo objetivo específico, determinar el efecto de la implementación de la metodología Six Sigma en la eficacia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, se evaluó la producción obtenida de forma diaria durante julio – agosto del 2023 (Pretest), con respecto a la producción proyectada, obteniendo un índice de la eficacia del 69.69% (Tabla 4), un valor por debajo del mínimo planteado por la empresa que es del 90%, dado que al efectuarse en más tiempo del planeado el desarrollo de los procesos productivos, esto afecta en el cumplimiento de las ordenes de trabajo, aplazando las entregas de ventanas sistema nova, ante ello se empleó el Six Sigma, empelando formatos de control y la metodología 5'S para un mejor desarrollo de las actividades dentro de las instalaciones de la empresa. Con ello, en el post test, se evaluó la producción obtenida diaria, en el periodo octubre – noviembre, obteniendo una eficacia del 93.15% (Tabla 20), además, por medio de la estadística descriptiva se pudo evaluar y determinar una mejora de este indicador en un 23.46%, de esta forma se aceptó la segunda hipótesis específica: La implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficacia de los procesos productivos de una empresa de vidrios. Este resultado concuerda con la investigación de Lima (2021), cuya investigación se basó en mejorar los procesos productivos en una empresa panificadora, dado que al evidenciar deficiencias en la capacidad de producción, ésta llegó a un nivel de cumplimiento de 0.28, en ese sentido aplicó la metodología del Six Sigma por medio de gráficas y formatos de control y diagramas de caracterización de procesos, de esta forma logró incrementar el cumplimiento de la producción en un 45%, de esta forma se puede evidenciar que esta metodología sirve un mejor control de la producción programada de una empresa.

Con referencia al tercer objetivo específico, determinar el efecto de la implementación de la metodología Six Sigma en la efectividad de los procesos productivos de una empresa de vidrios, se evaluó la efectividad de la producción esperada en función a los índices obtenidos de la eficiencia y a la eficacia, obteniendo como resultado una efectividad de los procesos productivos en el periodo julio – agosto 2023, del 42.91% (Tabla 5), un indicador preocupante para los intereses de la empresa ya que no llegó al 50% mínimo esperado, en ese sentido, se aplicó el Six Sigma por medio de guías de inspección del proceso más crítico, Procesos de Cortado (Tabla 15), con ello, en el post test, se volvió a evaluar

la efectividad de los procesos productivos, periodo octubre – noviembre, obteniendo un índice del 89.64% (Tabla 21), luego por medio de la estadística descriptiva se demostró una mejora del 46.73% de este indicador, con ello se aceptó la tercera hipótesis específica: La implementación de la metodología Six Sigma mejora la efectividad de los procesos productivos de una empresa de vidrios. Este resultado concuerda con la investigación realizada por De la Cruz y Ramos (2021), quienes evaluaron los procesos productivos de empresa fabricante de agua de mesa, en la cual, en su etapa de pretest, observaron que las deficiencias de los procesos generaban una efectividad de la producción de 131.55 unidades/hora, en ese sentido aplicó el Six Sigma a través del método DMAIC, por medio de guías de seguimiento y fichas de control, es así que en el post test la efectividad de la producción esperada se incrementó en un 34.25%, en ese sentido ambas investigaciones coinciden en que aplicar metodologías que permitan un mejor control de los procesos críticos, incrementará los índices de producción de la empresa.

No obstante, los resultados mostrados fueron los esperados, sin embargo, dada la realidad de la empresa solo se pudo evaluar un periodo de tiempo de dos meses, pretest y post test, por lo que no se podría asegurar de que los resultados serían los mismos de incrementar la muestra, pero, dado que la realidad de la producción fue la misma durante el año 2023, esta variación no sería muy significativa.

Por otra parte, el diseño de mejora y las herramientas empleadas fueron estructuradas con respecto a la realidad de una empresa manipuladora de vidrios, por lo que no podría determinarse si fuese viable técnicamente su implementación en otras empresas, sin embargo, dado que el Six Sigma es un método estandarizado, éste puede adaptarse a la realidad de cualquier organización.

Con respecto a las implicancias, ya que no existen muchos estudios de mejora de procesos en una empresa manipuladora de vidrio, el presente estudio servirá como antecedente académico, tanto a nivel de pregrado como posgrado, para futuras investigaciones en el mismo rubro.

VI. CONCLUSIONES

Se determinó el efecto de implementar la metodología Six Sigma en los procesos productivos de la empresa de vidrios, obteniendo que la productividad de los procesos productivos llegó a un índice del 93.01% evidenciando un incremento del 34.95% con respecto a la evaluación inicial, concluyendo que la implementación de la metodología Six Sigma mejora los procesos productivos de la empresa de vidrios, Rioja 2023.

Se determinó el efecto de la implementación de la metodología Six Sigma en la eficiencia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, obteniendo un índice de la eficiencia del 96.23% después de la mejora, representado un incremento del 34.66% con referencia al diagnóstico. Concluyendo que la implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficiencia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

Se determinó el efecto de la implementación de la metodología Six Sigma en la eficacia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, obteniendo un índice de la eficacia del 93.15% después de la mejora, representado un incremento del 23.46% con respecto a la evaluación inicial. Concluyendo que la implementación de la metodología Six Sigma mejora la eficacia de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

Se determinó el efecto de la implementación de la metodología Six Sigma en la efectividad de los procesos productivos de una empresa de vidrios, obteniendo un índice de la efectividad del 89.64% post mejora, significando un incremento del 46.73% con referencia al diagnóstico inicial. Concluyendo que la implementación de la metodología Six Sigma mejora la efectividad de los procesos productivos de una empresa de vidrios, Rioja 2023.

VII. RECOMENDACIONES

Durante el desarrollo de la investigación se pudo observar que otras áreas de la empresa manifestaban ciertas deficiencias de gestión, como la comercial y la de mantenimiento, por lo que se le recomienda a la organización efectuar un análisis general de la gestión administrativa y operativa de la empresa para de esta forma optimizar los procesos y así alcanzar los objetivos trazados en cada una de sus áreas.

Se pudo observar que la empresa no cuenta con un estudio de riesgos ni controles referentes a la seguridad y salud en el trabajo, por lo que se le recomienda asesorarse en temas de SST para de esta forma garantizar la integridad de los colaboradores, además de ello, priorizar las mejoras de las instalaciones, como luminarias, conexiones eléctricas, pisos, ventanales, señalizaciones, etc. De esta forma pueda evitar accidentes fatales y futuras sanciones por parte de la entidad fiscalizadora (SUNAFIL).

Se recomienda que la empresa formalice las estrategias diseñadas en el presente informe y las consolide en su manual de funciones, así se podrá asegurar la constante aplicación de la metodología Six Sigma en la empresa y orientar los procesos a la mejora continua.

Seguir aplicando los instrumentos de recolección de datos como la guía de verificación DMAIC y los formatos documentales, para poder evaluar si se siguen mejorando los procesos o existen retrocesos, de esta forma se podrán plantear nuevas estrategias y así optimizar el desempeño de la organización.

REFERENCIAS

ABHILASH, C y THAKKAR, J. 2019. Application of Six Sigma DMAIC methodology to reduce the defects in a telecommunication cabinet door manufacturing process: A case study. s.l. : Journal International Journal of Quality & Reliability Management, 2019. 1540-1555. Doi: <https://doi.org/10.1108/IJQRM-12-2018-0344>.

AHMED, A, PAGE, J y OLSEN, J. 2020. Enhancing Six Sigma methodology using simulation techniques: Literature review and implications for future research. s.l. : International journal of lean six sigma, 2020. 211-232. Doi: <https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2018-0033>.

AKBAR, M, y otros. 2019. Success factors influencing requirements change management process in global software development. s.l. : Journal of Computer Languages, 2019. 112-130. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cola.2018.12.005>.

ALAYO, César. 2023. *Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la productividad en el proceso de fabricación de tuberías PVC en una empresa industrial de la ciudad de Trujillo*. Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2023. <http://dspace.unitru.edu.pe/items/6f483b72-42d9-4ae5-842d-a46953e4daa1>.

ALBLOOSHI, M, y otros. 2021. Requirements, challenges and impacts of Lean Six Sigma applications—a narrative synthesis of qualitative research. s.l. : Journal International Journal of Lean Six Sigma, 2021. 318-367. Doi: <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2019-0067>.

BAZÁN, P. 2021. *Implementación de la metodología six sigma para la reducción de merma en el proceso de envasado de gas licuado de petróleo en una empresa de hidrocarburos - Lima 2021*. Lima : Universidad César Vallejo, 2021. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/98672>.

BENALCÁZAR, A. 2021. *Propuesta de aplicación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la eficiencia de los procesos productivos en la Empresa "Tejidos Parwall", ubicada en Atuntaqui*. Ibarra : Universidad Técnica del Norte, 2021. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11057>.

BERNABÉ, D. 2023. *Mejoramiento de los procesos productivos bajo metodología Lean Six Sigma en la empresa Promar Chávez SA, cantón La Libertad, provincia de Santa Elena*. La Libertad : Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2023. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9177>.

BITTENCOURT, V, ALVES, A y LEÃO, C. 2021. Industry 4.0 triggered by Lean Thinking: insights from a systematic literature review. s.l. : Journal International Journal of Production Research, 2021. 1496-1510. Doi: <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1832274>.

CHANDAN, G, KANCHAN, B y RAJENTHIRAKUMAR, D. 2022. Lean start-up in market penetration using DMADV methodology: An empirical study. s.l. : Journal Materials Today: Proceedings, 2022. 328-334. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.166>.

CINAR, E, TROTT, P y SIMMS, C. 2019. A systematic review of barriers to public sector innovation process. s.l. : Journal Public Management Review, 2019. 264-290. Doi: <https://doi.org/10.1080/14719037.2018.1473477>.

DA SILVA, L, y otros. 2022. Life cycle assessment of ferroniobium and niobium oxides: Quantifying the reduction of environmental impacts as a result of production process improvements. s.l. : Journal of Cleaner Production, 2022. 348. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131327>.

DE LA CRUZ, W y RAMOS, L. 2021. *Diseño de herramientas Six Sigma para mejorar el proceso de producción de agua en la empresa Nor Lac Group del Perú S. A. C. - 2020*. Cajamarca : Universidad Privada del Norte, 2021. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28800>.

EL COMERCIO. 2021. *En el Perú el 25% de las 260 mil toneladas de vidrio producidas contienen vidrio reciclado*. Lima : Redacción EC, 2021. <https://elcomercio.pe/economia/en-el-peru-el-25-de-las-260-mil-toneladas-de-vidrio-producidas-contienen-vidrio-reciclado-noticia/?ref=ecr>.

ESFAHANI, M, y otros. 2021. Quantitative investigation on the accuracy and precision of Scan-to-BIM under different modelling scenarios. s.l. : Journal

Automation in Construction, 2021. 126. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103686>.

FOX, N y ALLDRED, P. 2023. Applied research, diffractive methodology, and the research-assemblage: challenges and opportunities. s.l. : Journal Sociological Research Online, 2023. 93-109. Doi: <https://doi.org/10.1177/13607804211029978>.

GALEANO, P. 2022. *¿Por qué han subido los precios de los vidrios durante el 2022?* s.l. : Portafolio, 2022. <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/vitelsa-del-pacifico-por-que-han-subido-los-precios-de-los-vidrios-durante-el-2022-571793>.

GANDINI, A. 2019. Labour process theory and the gig economy. s.l. : Journal Human relations, 2019. 1039-1056. Doi: <https://doi.org/10.1177/0018726718790002>.

GUZMÁN, I. 2023. *Fabricación de vidrio, una industria que creció casi 30% en el último año.* Lima : Gestión, 2023. <https://gestion.pe/economia/empresas/fabricacion-de-vidrio-una-industria-que-crecio-casi-30-en-el-ultimo-ano-a-que-se-debe-sni-sociedad-nacional-de-industrias-inei-agp-tesla-elon-musk-noticia/>.

HENNINK, M y KAISER, B. 2022. Sample sizes for saturation in qualitative research: A systematic review of empirical tests. s.l. : Journal Social science & medicine, 2022. 292. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2021.114523>.

LANDEO, A y CONCHA, A. 2022. Propuesta de implementación de la metodología seis sigma para mejorar el proceso productivo de quesos de una empresa de la región Arequipa. Arequipa : Universidad Católica San Pablo, 2022. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3338823>.

LIMA, K. 2021. *Implementación de six sigma para la mejora de calidad en el proceso de moldeado de la panadería Panif-Bod Lima, 2021.* Lima : Universidad César Vallejo, 2021. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/104094>.

MEDINA, A, y otros. 2019. Procedimiento para la gestión por procesos: métodos y herramientas de apoyo. s.l. : Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 2019. 328-342. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000200328> .

NANDAKUMAR, N, SALEESHYA, P y HARIKUMAR, P. 2020. Bottleneck identification and process improvement by lean six sigma DMAIC methodology. s.l. : Journal Materials Today: Proceedings, 2020. 1217-1224. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.436>.

QAYYUM, S, y otros. 2021. Managing smart cities through six sigma DMADICV method: A review-based conceptual framework. s.l. : Journal Sustainable Cities and Society, 2021. 72. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103022>.

RIFQI, H, y otros. 2021. Lean manufacturing implementation through DMAIC Approach: A case study in the automotive industry. s.l. : Journal Quality Innovation Prosperity, 2021. 54-77. Doi: <https://doi.org/10.12776/qip.v25i2.1576>.

SAMPLEREPORT. 2023. *Mercado del vidrio plano de América Latina: Crecimiento, tendencias, impacto de COVID 19 y pronósticos (2023-2028)*. s.l. : Mordor Intelligence, 2023. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/latin-america-flat-glass-market>.

SHOKRI, A y LI, G. 2020. Green implementation of Lean Six Sigma projects in the manufacturing sector. s.l. : Journal International Journal of Lean Six Sigma, 2020. 711-729. Doi: <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2018-0138>.

SINGH, M y RATHI, R. 2019. A structured review of Lean Six Sigma in various industrial sectors. s.l. : Journal International Journal of Lean Six Sigma, 2019. 622-664. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2018-0018>.

STATISTA. 2022. *Número de empresas dedicadas a la fabricación de vidrio y productos de vidrio en España de 2008 a 2019*. s.l. : Statista Research Department, 2022. <https://es.statista.com/estadisticas/502035/numero-de-empresas-fabricantes-de-vidrio-y-productos-de-vidrio-en-espana/>.

STRATTON, S. 2021. Population research: convenience sampling strategies. s.l. : Journal Prehospital and disaster Medicine, 2021. 373-374. Doi: <https://doi.org/10.1017/S1049023X21000649>.

TABUENA, A. 2021. A pre-experimental research on the implementation of selected classroom assessment techniques for music, arts, physical education, and health. s.l. : International Journal of Multidisciplinary: Applied Business and Education

Research, 2021. 99-107. Doi:
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3784104.

TAHERDOOST, H. 2021. Data Collection Methods and Tools for Research; A Step-by-Step Guide to Choose Data Collection Technique for Academic and Business Research Projects. s.l. : International Journal of Academic Research in Management, 2021. 10-38. Doi: <https://hal.science/hal-03741847/>.

TURNHOUT, E, y otros. 2020. The politics of co-production: participation, power, and transformation. s.l. : Journal Current Opinion in Environmental Sustainability, 2020. 15-21. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.11.009>.

TYURIN, A y KUVATAEV, I. 2020. Improving the Efficiency of a Mining Enterprise by Coordinating Production Processes. s.l. : Journal EDP Sciences, 2020. 174. Doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017401059>.

VÁSQUEZ, G, PARRALES, D y MORALES, V. 2021. Proceso administrativo: factor determinante en el desarrollo organizacional de las mipymes. s.l. : Revista Publicando, 2021. 258-278.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8050362>.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	FÓRMULA	ESCALA
Variable independiente: Metodología Six Sigma	Viene a ser una metodología empleada para la mejora de procesos, además, optimiza y mejora un sistema productivo según el enfoque de identificar y eliminar toda clase de desperdicios que no sumen a la cadena productiva (Ahmed et al., 2020).	La metodología Six Sigma viene a ser una herramienta que permite medir la gestión según los parámetros y etapas del DMAIC, definir, medir, analizar, mejorar y controlar (Nandakumar et al., 2020).	Definir	% Cumplimiento de métricas	$\% \text{ CM} = \frac{\text{Métricas establecidas}}{\text{Métricas presentadas}} \times 100$	Razón
			Medir	% Cumplimiento de los procesos	$\% \text{ CP} = \frac{\text{Procesos culminados}}{\text{Procesos productivos}} \times 100$	
			Analizar	% Problemas identificados	$\% \text{ PI} = \frac{\text{Problemas identificados}}{\text{Problemas presentes en los procesos}} \times 100$	
			Mejorar	% Mejoras establecidas	$\% \text{ ME} = \frac{\text{Mejoras establecidas}}{\text{Mejoras propuestas}} \times 100$	
			Controlar	% Procesos mejorados	$\% \text{ PM} = \frac{\text{Procesos mejorados}}{\text{Procesos productivos}} \times 100$	
Variable dependiente: Procesos productivos	Es el conjunto de operaciones que una organización realiza con el objetivo de ofrecer un bien o un servicio, implica la totalidad de los procedimientos que transforman los recursos en el producto final que será comercializado (Da Silva et al., 2022).	Los procesos productivos pueden ser medidos desde el cumplimiento de la eficiencia y eficacia (Tyurin y Kuvataev, 2020).	Eficiencia	% Eficiencia de los procesos productivos	$\% \text{ Eficiencia PP} = \frac{\text{Tiempo empleado de los procesos}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100$	Razón
			Eficacia	% Eficacia de los procesos productivos	$\% \text{ Eficacia PP} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Producción proyectada}} \times 100$	
			Efectividad	% Efectividad de los procesos productivos	$\% \text{ Eficiencia} \times \% \text{ Eficacia}$	

Anexo 2. Guía de verificación de cumplimiento de los parámetros del DMAIC

Empresa: Empresa Manufacturera de artículos a base de vidrio y afines.

Área: Producción

Observador: Investigadora

Fecha:

Etapa	Parámetros	Cumple	
		SI	NO
Definir	Presenta mapa de procesos.		
	Se siguen parámetros de producción.		
	Se evidencia un organigrama organizacional.		
	Se mide el cumplimiento de actividades.		
	Se identifican las deficiencias de los procesos.		
Cumplimiento (%)			
Medir	Se tiene un control en la recepción de insumos y MP.		
	Se cumple con toda la verificación de los materiales entrantes a la empresa.		
	El armando de los pedidos es culminado a tiempo.		
	El acabado es realizado en el tiempo estimado.		
	El cliente prueba el correcto funcionamiento del PT.		
Cumplimiento (%)			
Analizar	Se identifican los problemas en la producción.		
	Se evalúan las causas que generan los problemas.		

	Se mide la frecuencia de los problemas.		
Cumplimiento (%)			
Mejorar	Se tienen estrategias de mejora en la empresa.		
	Se cumplen con las estrategias.		
Cumplimiento (%)			
Controlar	Se efectúan verificaciones post mejoras.		
	Se tienen indicadores de producción.		
Cumplimiento (%)			

Anexo 3. Formatos de datos históricos de producción

Empresa: Empresa Manufacturera de artículos a base de vidrio y afines.

Área: Producción

Periodo: Junio – Julio 2023

Lote: N° 1

Eficiencia y Eficacia de los procesos productivos de la empresa

Mes	Día	Tiempo disponible	Tiempo empleado	Eficiencia (%)	Producción obtenida	Producción proyectada	Eficacia (%)
Julio	1						
	2						
	3						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	12						
	13						
	14						
	15						
	16						
	17						
	19						
	20						
	21						
	22						
	23						
24							
26							
27							
28							
29							
30							
Agosto	1						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						

10						
11						
12						
13						
14						
15						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
24						
25						
26						
27						
29						
31						

Anexo 4. Desarrollo de la guía de verificación

Etapa	Parámetros	Cumple	
		SI	NO
Definir	Presenta mapa de procesos.		X
	Se siguen parámetros de producción.		X
	Se evidencia un organigrama organizacional.		X
	Se mide el cumplimiento de actividades.	X	
	Se identifican las deficiencias de los procesos.	X	
Cumplimiento (%)		40.00%	
Medir	Se tiene un control en la recepción de insumos y MP.	X	
	Se cumple con toda la verificación de los materiales entrantes a la empresa.		X
	El armando de los pedidos es culminado a tiempo.		X
	El acabado es realizado en el tiempo estimado.	X	
	El cliente prueba el correcto funcionamiento del PT.	X	
Cumplimiento (%)		60.00%	
Analizar	Se identifican los problemas en la producción.		X
	Se evalúan las causas que generan los problemas.	X	
	Se mide la frecuencia de los problemas.		X
Cumplimiento (%)		33.33%	
Mejorar	Se tienen estrategias de mejora en la empresa.	X	
	Se cumplen con las estrategias.		X
Cumplimiento (%)		50.00%	
Controlar	Se efectúan verificaciones post mejoras.		X
	Se tienen indicadores de producción.	X	
Cumplimiento (%)		50.00%	

Anexo 5. Desarrollo de la guía de verificación post implementación

Etapa	Parámetros	Cumple	
		SI	NO
Definir	Presenta mapa de procesos.	X	
	Se siguen parámetros de producción.	X	
	Se evidencia un organigrama organizacional.	X	
	Se mide el cumplimiento de actividades.		X
	Se identifican las deficiencias de los procesos.	X	
Cumplimiento (%)		80.00%	
Medir	Se tiene un control en la recepción de insumos y MP.	X	
	Se cumple con toda la verificación de los materiales entrantes a la empresa.	X	
	El armando de los pedidos es culminado a tiempo.	X	
	El acabado es realizado en el tiempo estimado.	X	
	El cliente prueba el correcto funcionamiento del PT.	X	
Cumplimiento (%)		100.00%	
Analizar	Se identifican los problemas en la producción.	X	
	Se evalúan las causas que generan los problemas.	X	
	Se mide la frecuencia de los problemas.		X
Cumplimiento (%)		66.67%	
Mejorar	Se tienen estrategias de mejora en la empresa.	X	
	Se cumplen con las estrategias.	X	
Cumplimiento (%)		100.00%	
Controlar	Se efectúan verificaciones post mejoras.	X	
	Se tienen indicadores de producción.	X	
Cumplimiento (%)		100.00%	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EMPRESARIAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, TRUJILLO VALDIVIEZO GUIDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA EMPRESARIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Implementación de la metodología Six Sigma en los procesos productivos en una empresa de vidrios, Rioja 2023", cuyo autor es FERNANDEZ PIÑA DIANA PATRICIA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 05 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
GUIDO TRUJILLO VALDIVIEZO DNI: 25570359 ORCID: 0000-0002-3019-6599	Firmado electrónicamente por: GTRUJILLOT el 16- 12-2023 14:19:01

Código documento Trilce: TRI - 0683827