

Nota de Aceptación:

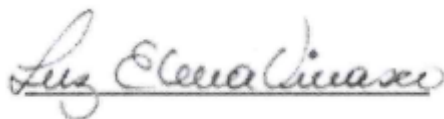
Proyecto de Diseño Aprobado, en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana Cali para optar el título de Ingeniero Industrial.



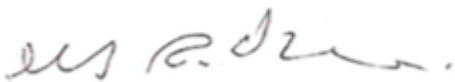
HERNÁN CAMILO ROCHA NIÑO
Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias



JORGE ENRIQUE ÁLVAREZ PATIÑO
Director Carrera Ingeniería Industrial



LUZ ELENA VINASCO ISAZA
Director(a) Proyecto de Diseño



CARLOS ALBERTO OLARTE
MENESES
Jurado 1



MARÍA ISABEL DÍAZ VEGA

Jurado 2

Santiago de Cali, 19- 01- 2024

Ingeniero

Jorge Enrique Alvarez Patiño

Director de Carrera Ingeniería Industrial

Pontificia Universidad Javeriana Cali

Asunto: Correcciones propuestas al proyecto de diseño Código 2023105



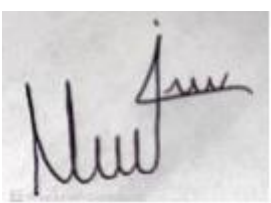


De acuerdo con la sustentación realizada el día 01 de diciembre de 2023, se nos solicitó correcciones a nuestro proyecto de diseño, las cuales se indican a continuación. Cabe anotar que ya tienen la aprobación del jurado.

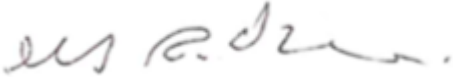
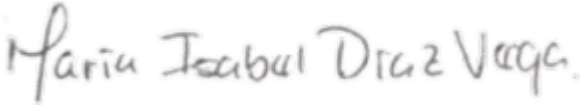
Formato PD1 actual	Propuesta de corrección
<u>Titulo</u> Reducción de Tiempos de Entrega de Cuchillas Fabricadas en una Empresa del Sector Metalmecánico en Cali	<u>Titulo</u> Reducción de Tiempos de Entrega de Cuchillas Fabricadas en una Empresa del Sector Metalmecánico en Cali.
<u>Objetivo general</u> Implementar un diseño de experimentos (DOE) para identificar los factores más influyentes en los tiempos de retraso de producción, que direccionen la toma de información para ver el estado de los productos, con el fin de reducir los tiempos de entrega.	<u>Objetivo general</u> Diseñar un formato de producción acompañado del aplicativo "Scan It" para centrarse en los factores más influyentes en el incumplimiento, que dirija la toma de información para ver el estado de los productos, con el fin de reducir los tiempos de entrega de las cuchillas.
<u>Objetivo específicos</u> <ol style="list-style-type: none">1. Identificar las variables y factores clave que ejercen mayor influencia en los tiempos de retraso en el proceso de producción, mediante análisis estadísticos y de datos para identificar patrones y relaciones, permitiendo determinar las principales fuentes de demora.2. Diseñar un formato de producción integral como solución, centrado en los factores	<u>Objetivo específicos</u>

<p>más influyentes, para el monitoreo en tiempo real del estado de los productos.</p> <p>3. Evaluar la viabilidad de la solución propuesta mediante una prueba piloto, analizando tanto el estado actual como el propuesto, utilizando indicadores de desempeño y métricas financieras para medir su eficiencia y potencial impacto.</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Identificar las variables y factores clave que ejercen mayor influencia en los tiempos de retraso en el proceso de producción, mediante análisis estadísticos y de datos para identificar patrones y relaciones, permitiendo determinar las principales fuentes de demora.2. Diseñar el formato de producción en el aplicativo "Scan It", centrado en los factores más influyentes, para el monitoreo en tiempo real del estado de los productos.3. Evaluar la viabilidad de la solución propuesta mediante una prueba piloto, analizando tanto el estado actual como el propuesto, utilizando indicadores de desempeño y métricas financieras para medir su eficiencia y potencial impacto.
--	---

Agradecemos su atención y quedamos pendientes de su aprobación.

Cordialmente,

Elaborado y revisado por:		
Nombre	Director, asesor o estudiante.	Firma
Luz Elena Vinasco Isaza	Director	
Klissman Javier Ferrer	Estudiante	
Nicolás Gómez Estrada	Estudiante	
Juan Sebastián Muñoz Ossa	Estudiante	
Juan David Valencia Salazar	Estudiante	

Carlos Alberto Olarte Meneses	Jurado Evaluador	
María Isabel Díaz Vega	Jurado Evaluador	



INMAGRAF INGENIERÍA SAS

NIT: 900.642.353 - 4

ESPECIALISTAS EN FABRICACIÓN Y AFILADO DE TODO TIPO DE
CUCHILLAS RECTAS - CIRCULARES - DENTADAS
RECTIFICADO DE RODILLOS Y RECTIFICADO PLANO
SERVICIOS METALMECÁNICOS Y SERVICIOS DE CORTE EN ELECTROEROSIONADORA
DE HILO.



Santiago de Cali, 16 de noviembre de 2023

Ingeniero Jorge Enrique Álvarez Patiño

Director Carrera de Ingeniería Industrial
Pontificia Universidad Javeriana, Cali

Asunto: Carta Aval de la empresa

Como empresa INMAGRAF INGENIERÍA S.A.S. la constancia que los alumnos Klissman Javier Ferrer Gómez, Nicolás Gómez Estrada, Juan Sebastián Muñoz y Juan David Valencia Salazar, visitaron las instalaciones de la empresa, hicieron encuestas, entrevistas, toma de datos e implementaron el diseño para mejorar la problemática planteada. También, damos constancia que los estudiantes hicieron una socialización del trabajo realizado en nuestra compañía y quedamos conforme con este.

Cordialmente;

JAVIER FRANCISCO FERRER
Representante Legal.

Reducción de Tiempos de Entrega de Cuchillas Fabricadas en una Empresa del Sector Metalmecánico en Cali

Klissman Javier Ferrer Gómez^{a,c}, Nicolás Gómez Estrada^{a,c}, Juan Sebastián Muñoz Ossa^{a,c}, Juan David Valencia Salazar^{a,c},

Luz Elena Vinasco^{b,c}

^aEstudiante de Ingeniería Industrial

^bProfesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Civil e Industrial

^cPontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia

Resumen

Una empresa del sector metalmecánico de la ciudad de Cali presenta un síntoma con un problema relacionado con el incumplimiento de tiempos de entrega pactados con los clientes, de la línea de fabricación de cuchillas, desde que se realiza la orden de compra, hasta que se entrega el producto terminado. Se realizó la definición del problema por medio de datos históricos de la empresa como días de retraso, fechas de entrega y porcentajes de incumplimiento. Cabe destacar que, la empresa es un taller metalmecánico el cual ejecuta su plan de producción con un sistema *make to order* y se hizo un análisis por clientes potenciales en ventas y sus productos más vendidos para segmentar la variabilidad de productos y procesos en esta.

Se determinó que la causa raíz del problema son los altos tiempos de espera de las cuchillas en el sistema de fabricación, debido a que no existe una forma de observar el estado de los productos durante el proceso de producción actualmente, de lo cual, se propone la alternativa de posible solución de implementar un Software de Manufacturing Execution System, para gestionar, monitorear y controlar la producción en tiempo real, integrando sistemas de control y recopilación de datos sobre los productos que se encuentran en la línea de producción según su planeación, garantizando una capacidad de respuesta inmediata a la demanda del mercado y las decisiones internas de la empresa.

Palabras claves: Incumplimiento, metalmecánica, MES, Make to order, Tiempos de entrega.

Abstract

A company in the metal mechanic sector in Cali has had a problem related to a breach of delivery times agreed with the customers, in the blade manufacturing line, since the purchase order is generated, until the final product is delivered. The definition of the problem was performed through historical data of the company as days late, delivery dates and breach percentages. Notably, the company is a metal mechanic workshop which executes its production plan with a system *make to order* and an analysis was done per potentials costumers in sales and their products best sellers for segment the variability of products and processes in the company.

It was determined that the root cause of the problem are the high waiting times of the blades in the fabrication system, because there is no way to observe the status of the products during the production process actually, whereof, the alternative of possible solution proposed is implement a Software of Manufacturing Execution System, to manage, monitoring and control the production in live time, integrating systems of control and data recompilation about the products that are found in the production line according to their planning, secure a capacity to immediate answer on demand of the market and the intern decisions of the company.

Key words: Breach, metalworking, MES, make to order, Delivery times.

Agradecimientos

En primer lugar, queremos agradecer a nuestra directora del proyecto de diseño Luz Elena Vinasco Isaza por aceptar este gran trabajo, ayudarnos cuando la necesitamos y brindarnos las mejores herramientas para obtener los mejores resultados posibles. Gracias por ayudarnos a crecer tanto en el ámbito profesional y personal, por todos los conocimientos adquiridos y todos los desafíos superados con su compañía.

Agradecemos a la EMPRESA por toda la información brindada, por permitirnos trabajar en sus instalaciones y habernos dado la oportunidad de comprender este camino y confiar en nuestra propuesta de trabajo como profesionales, fue de total ayuda para nuestro crecimiento y agradecer a todo el personal que fue de guía absoluta para entender el funcionamiento de la organización por completo.

Agradecemos a la maestra María Isabel Díaz de la asignatura Proyecto de Diseño II por el constante acompañamiento y hacernos caer en cuenta de todas las posibles mejoras de nuestro trabajo en todo momento, por guiarnos y proporcionarnos las mejores herramientas y estrategias para cumplir todos los objetivos del proyecto.

Por último, agradecer a todos nuestros familiares, amigos y compañeros que hicieron parte de esta etapa de nuestras vidas, acompañándonos y dándonos el mejor apoyo posible cuando lo necesitamos.

Gracias al amor de mi vida y compañera de vida Ana María Silva Idrobo por siempre estar presente acompañándome, dándome alientos y respaldándome para cualquier decisión que tuve que tomar - **Juan David Valencia Salazar.**

Tabla de contenido

I. PROJECT CHARTER	5
II. DEFINIR	6
<i>A. Contexto y Justificación (¿por qué?)</i>	6
<i>B. Grupos de interés (¿Quiénes son los actores interesados?)</i>	10
<i>C. Requerimientos</i>	12
III. MEDIR	14
<i>A. Plan de recolección de datos</i>	14
<i>B. Medición del sistema actual</i>	19
IV. ANALIZAR	25
<i>A. Análisis de Causas</i>	25
<i>B. Revisión de literatura</i>	28
<i>C. Exploración de ideas y selección de alternativa</i>	34
<i>D. Objetivos</i>	38
<i>E. Plan de trabajo (PdT)</i>	39
V.MEJORAR	40
<i>A. Desarrollo del diseño de la solución</i>	40
<i>B. Validación del diseño propuesto</i>	46
VI. CONTROLAR	49
<i>A. Medición de los impactos</i>	49
<i>B. Estandarización de la solución - POE'S</i>	49
<i>C. Conclusiones</i>	51
<i>D. Recomendaciones</i>	53
VII. GLOSARIO	53
VIII. REFERENCIAS	54
IX. ANEXOS	56

FIGURAS

Fig. 1. Fabricación de productos elaborados de metal en Colombia (Base promedio 2018=100 1) 2020-2022 [3]	7
Fig. 2. Días de Retraso de entrega de Cuchillas a Clientes en el año 2022. [15]	8
Fig. 3. Ventas por líneas de producción en el año 2022. [16]	9
Fig. 4. Ventas de los principales clientes en el año 2022. [16]	10
Fig. 5. Gráfico impacto vs influencia de los grupos de interés.	11
Fig. 6. Productos producidos al cliente 1 en año 2022. [11]	14
Fig. 7. Productos al cliente 2 en el año 2022. [11]	15
Fig. 8. Productos al cliente 3 en el año 2022. [11]	15
Fig. 9. Productos al cliente 4 en el año 2022. [11]	16
Fig. 10. Incumplimiento de todos los pedidos de fabricación en el año 2022. [11]	17
Fig. 11. Incumplimiento de pedidos de fabricación del Cliente 1 en el año 2022. [11]	18
Fig. 12. Incumplimiento de pedidos de fabricación del Cliente 2 en el año 2022. [11]	18
Fig. 13. Diagrama SIPOC de Fabricación de cuchillas industriales.	20
Fig. 14. Diagrama general del funcionamiento de los procesos de la EMPRESA Pág. 1. [13]	21
Fig. 15. Diagrama general del funcionamiento de los procesos de la Empresa Pág. 2.[13]	22
Fig. 16. Mapa de procesos de la EMPRESA. [14]	24
Fig. 17. Diagrama causa y efecto de la EMPRESA.[14]	26
Fig. 18. Análisis de correlación TIEMPO DE RETRASO – TIEMPO DE ESPERA EN PROCESO.	28
Fig. 19. Factores y Variable de Respuesta para el Tiempo de Retraso de los Productos.	41
Fig. 20. Efectos estandarizados y causas más influyentes por el DOE	42
Fig. 21. Resumen del modelo DOE	42
Fig. 22. Análisis de Varianza del modelo DOE.	43
Fig. 23. Análisis POST-ANOVA del DOE factores individuales.	44
Fig. 24. Análisis POST-ANOVA del DOE todos los factores.....	44
Fig. 25. Comparación Antes y Después de la prueba piloto con respecto a los KPI'S	48
Fig. 26. POE para el uso del aplicativo en la fabricación de cuchillas para el operario	50
Fig. 27. POE para el uso del aplicativo en la fabricación de cuchillas para el líder de producción.....	51

TABLAS

TABLA I. CLASIFICACIÓN DE LOS GRUPOS DE INTERÉS Y PONDERACIÓN DE IMPACTO E INFLUENCIA	11
TABLA II. REQUERIMIENTOS SEGÚN LOS GRUPOS DE INTERÉS DE LA EMPRESA	12
TABLA III. TIEMPO DE PROCESAMIENTO DEL LOTE DE CUCHILLOS CALIENTES	17
TABLA IV. INDICADORES DE DESEMPEÑO A MEDIR	18
TABLA V. RESULTADOS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO	25
TABLA VI.....	27
TABLA VII. DESCRIPCIÓN REVISIÓN DE LITERATURA.....	29
TABLA VIII. MATRIZ DE CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	36
TABLA IX. PLAN DE TRABAJO	39
TABLA X. MEJORAS DE CONDICIONES DEL PROCESO	45
TABLA XI. DISEÑO PARA EL CUMPLIMIENTO DE RESTRICCIONES	45
TABLA XII. RESUMEN DE VARIACIONES PARA VALIDAR EL DISEÑO	47
TABLA XIII. INDICADORES DE DESEMPEÑO BASADOS EN LOS RESULTADOS	48
TABLA XIV. TABLA DE ANEXOS	56

I.PROJECT CHARTER

Proyecto de Diseño II	
<h1>Project Charter</h1>	
Código: 2023105	Tipo: DMAIC
Fecha: 16/11/2023	
<p>Reducción de Tiempos de Entrega de Cuchillas Fabricadas en una Empresa del Sector Metalmeccánico en Cali</p>	
Breve resumen del proyecto (Business case)	
(Síntoma)	
<p>Una empresa del sector metalmeccánico de la ciudad de Cali presenta un síntoma con un problema relacionado con el incumplimiento de tiempos de entrega pactados con los clientes, de la línea de fabricación de cuchillas, desde que se realiza la orden de compra, hasta que se entrega el producto terminado. Se realizó la definición del problema por medio de datos históricos de la empresa como días de retraso, fechas de entrega y porcentajes de incumplimiento.</p>	
Problema (Problem statement)	Impacto en los actores (Business Need—Stakeholders)
<p>Actualmente, la EMPRESA presenta un alto incumplimiento en los días de las fechas de entrega de los productos de fabricación de cuchillas industriales hacia sus clientes. Se realizó una segmentación hasta llegar a las referencias más importantes de la empresa y se hizo el estudio de tiempos con la referencia de cuchillos calientes, en la línea de producción. Teniendo como resultado que el sistema bajo tiempos normalizados presenta un tiempo de espera entre procesos de 1.8 días hábiles y en el último año presento un tiempo de espera entre procesos de 40 días hábiles, representando el 93.6% frente el tiempo de producción.</p>	<p>Cientes: Mejorar los tiempos de entrega de cuchillos calientes en un 50% respecto a los actuales (7,5 días hábiles).</p>
	<p>Operarios: Mantener y obtener mayor control del programa de producción establecido inicialmente, sin generar cambios repentinos y exigentes, a no ser que se requiera.</p>
	<p>Equipo de proyecto: Controlar los KPI'S, los cuales se encargan de mantener la calidad del producto, después de implementar las mejoras. Mantener el tiempo de proceso por lote con un margen de más o menos 10% y disminuir tiempos de entrega en al menos un 40%.</p>
	<p>Gerencia: Tener conocimiento desde el inicio hasta el final de la fabricación de las cuchillas en la empresa por cada centro de trabajo para pronosticar su entrega y mantener el tiempo en proceso por lote (Cuchillos Calientes), con un margen de error de más o menos 5%, mejorando los tiempos de entrega de estos.</p>

Objetivo general (Goal statement)																																																																							
Implementar un diseño de experimentos (DOE) para identificar los factores más influyentes en los tiempos de retraso de producción, que direccionen la toma de información para ver el estado de los productos, con el fin de reducir los tiempos de entrega.																																																																							
Objetivos específicos (Project Scope)																																																																							
Identificar las variables y factores clave que ejercen mayor influencia en los tiempos de retraso en el proceso de producción, mediante análisis estadísticos y de datos para identificar patrones y relaciones, permitiendo determinar las principales fuentes de demora																																																																							
Diseñar un Formato de Producción Integral como Solución, Centrado en los Factores más influyentes, para el Monitoreo en Tiempo Real del Estado de los Productos.																																																																							
Evaluar la Viabilidad de la Solución Propuesta Mediante una Prueba Piloto, Analizando tanto el Estado Actual como el Propuesto, Utilizando Indicadores de Desempeño y Métricas Financieras para Medir su Eficiencia y Potencial Impacto.																																																																							
Equipo de trabajo (Team members)																																																																							
																																																																							
PLAN DE TRABAJO PROPUESTO																																																																							
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>☑</td> <td>• Proyecto PD</td> <td>40 días?</td> <td>Jun 15/06/23</td> <td>mié 9/08/23</td> </tr> <tr> <td>☑</td> <td>Inicio</td> <td>0 días</td> <td>Jun 15/06/23</td> <td>Jun 15/06/23</td> </tr> <tr> <td>🚀</td> <td>• Fase 1</td> <td>15 días?</td> <td>Jun 15/06/23</td> <td>mié 5/07/23</td> </tr> <tr> <td>☑</td> <td>Act 1.1</td> <td>5 días</td> <td>Jun 15/06/23</td> <td>mié 21/06/23</td> </tr> <tr> <td>☑</td> <td>Act 1.2</td> <td>5 días</td> <td>Jun 22/06/23</td> <td>mié 28/06/23</td> </tr> <tr> <td>☑</td> <td>Act 1.2</td> <td>5 días</td> <td>Jun 29/06/23</td> <td>mié 5/07/23</td> </tr> <tr> <td>🚀</td> <td>• Fase 2</td> <td>15 días?</td> <td>Jun 15/06/23</td> <td>mié 5/07/23</td> </tr> <tr> <td>☑</td> <td>Act 2.1</td> <td>5 días</td> <td>Jun 6/07/23</td> <td>mié 12/07/23</td> </tr> <tr> <td>☑</td> <td>Act 2.2</td> <td>5 días</td> <td>Jun 13/07/23</td> <td>mié 19/07/23</td> </tr> <tr> <td>☑</td> <td>Act 2.3</td> <td>5 días</td> <td>Jun 20/07/23</td> <td>mié 26/07/23</td> </tr> <tr> <td>🚀</td> <td>• Fase 3</td> <td>30 días?</td> <td>Jun 15/06/23</td> <td>mié 28/06/23</td> </tr> <tr> <td>☑</td> <td>Act 3.1</td> <td>5 días</td> <td>Jun 27/07/23</td> <td>mié 2/08/23</td> </tr> <tr> <td>☑</td> <td>Act 3.2</td> <td>5 días</td> <td>Jun 3/08/23</td> <td>mié 9/08/23</td> </tr> <tr> <td>☑</td> <td>fin</td> <td>0 días</td> <td>mié 9/08/23</td> <td>mié 9/08/23</td> </tr> </tbody> </table>	☑	• Proyecto PD	40 días?	Jun 15/06/23	mié 9/08/23	☑	Inicio	0 días	Jun 15/06/23	Jun 15/06/23	🚀	• Fase 1	15 días?	Jun 15/06/23	mié 5/07/23	☑	Act 1.1	5 días	Jun 15/06/23	mié 21/06/23	☑	Act 1.2	5 días	Jun 22/06/23	mié 28/06/23	☑	Act 1.2	5 días	Jun 29/06/23	mié 5/07/23	🚀	• Fase 2	15 días?	Jun 15/06/23	mié 5/07/23	☑	Act 2.1	5 días	Jun 6/07/23	mié 12/07/23	☑	Act 2.2	5 días	Jun 13/07/23	mié 19/07/23	☑	Act 2.3	5 días	Jun 20/07/23	mié 26/07/23	🚀	• Fase 3	30 días?	Jun 15/06/23	mié 28/06/23	☑	Act 3.1	5 días	Jun 27/07/23	mié 2/08/23	☑	Act 3.2	5 días	Jun 3/08/23	mié 9/08/23	☑	fin	0 días	mié 9/08/23	mié 9/08/23	
☑	• Proyecto PD	40 días?	Jun 15/06/23	mié 9/08/23																																																																			
☑	Inicio	0 días	Jun 15/06/23	Jun 15/06/23																																																																			
🚀	• Fase 1	15 días?	Jun 15/06/23	mié 5/07/23																																																																			
☑	Act 1.1	5 días	Jun 15/06/23	mié 21/06/23																																																																			
☑	Act 1.2	5 días	Jun 22/06/23	mié 28/06/23																																																																			
☑	Act 1.2	5 días	Jun 29/06/23	mié 5/07/23																																																																			
🚀	• Fase 2	15 días?	Jun 15/06/23	mié 5/07/23																																																																			
☑	Act 2.1	5 días	Jun 6/07/23	mié 12/07/23																																																																			
☑	Act 2.2	5 días	Jun 13/07/23	mié 19/07/23																																																																			
☑	Act 2.3	5 días	Jun 20/07/23	mié 26/07/23																																																																			
🚀	• Fase 3	30 días?	Jun 15/06/23	mié 28/06/23																																																																			
☑	Act 3.1	5 días	Jun 27/07/23	mié 2/08/23																																																																			
☑	Act 3.2	5 días	Jun 3/08/23	mié 9/08/23																																																																			
☑	fin	0 días	mié 9/08/23	mié 9/08/23																																																																			

II.DEFINIR

A. Contexto y Justificación (¿por qué?)

En el sector metalmeccánico existe una amplia gama de productos que se comprenden desde piezas básicas de metal hasta la fabricación de máquinas complejas para cualquier industria, volviéndola así muy versátil y dinámica. Este sector se encuentra en la mitad de la cadena productiva, el cual se basa en el manejo y desarrollo de aleaciones a partir de metales, haciendo de este muy atractivo para la economía de cualquier país.

La metalmecánica no sólo se caracteriza por generar un valor agregado a sus productos, transformándolos y llevándolos a piezas de gran complejidad que representen una solución para un mercado específico, sino también la facilidad de hacer sinergia con otros sectores importantes en un país, como lo es la manufacturera o la construcción.[1] La producción de metal a nivel mundial, entre el 2018 y el 2022, teniendo en cuenta la gran problemática de la pandemia debido al COVID-19, aumentó en un 3%, siendo esta una de las principales materias primas más importantes para esta industria. [2] A nivel nacional la situación para este sector en los años 2020 y 2021 presenta un aumento y en el 2022 se visualiza estable de acuerdo con la siguiente gráfica de la Fig.1, pero con algunas afectaciones, por los motivos externos mencionados anteriormente.

Se puede analizar que es un sector estable, con un buen crecimiento, sin darle un desprestigio a la industria por su último año, ya que a nivel nacional todos los sectores presentaron una baja significativa en sus volúmenes y aun así lograron mantener el alza. [2] “La metalmecánica podría ser considerada como la tercera parte con mayores encadenamientos de todo el sector industrial en Colombia, después de la elaboración de sustancias y productos químicos y equipo de transporte...la cadena de metalmecánica tuvo un impacto directo en el valor de la producción de \$ 26,4 billones, mientras su impacto indirecto (Por los encadenamientos industriales), de \$36,4 billones. En total, la industria tiene un impacto total de \$62,8 billones.” [3] La empresa a trabajar, se encuentra en este sector y con lo dicho anteriormente se evidencia la buena ubicación en la que se encuentra económicamente a nivel global.

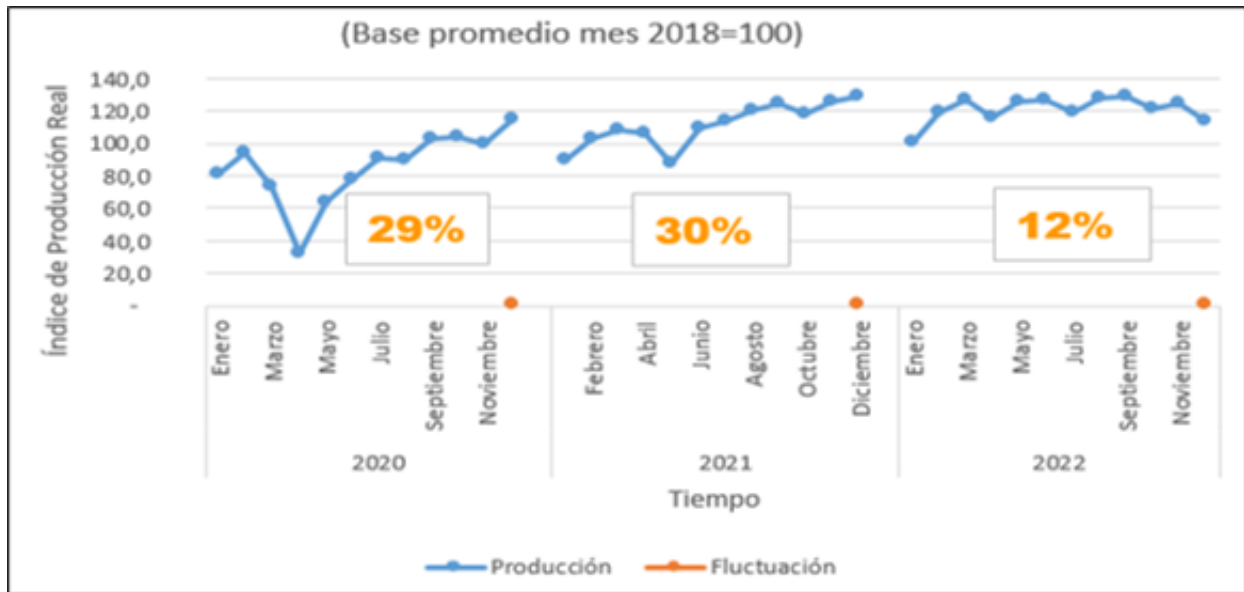


Fig. 1. Fabricación de productos elaborados de metal en Colombia (Base promedio 2018=100 I) 2020-2022 [3]

Se hace énfasis en el proyecto de diseño como un caso de estudio que hace referencia a un enfoque de mejoramiento de tipo práctico en un contexto real de la empresa que pertenece al sector privado y se encuentra ubicada en el norte de la ciudad de Cali. Con un periodo amplio de 25 años de experiencia aproximadamente, su actividad económica corresponde a la fabricación de cuchillas industriales y a su vez el servicio de afilado de estas; adicionalmente, su aporte se centra en brindar apoyo en los sistemas de corte de empresas a gran escala ubicadas a nivel local y que posteriormente ayuda al desarrollo económico a nivel nacional en diferentes sectores. Actualmente en la empresa, debido a los cambios en la demanda (Ver anexo 3), la fabricación de cuchillas aumentó sus ventas entre los años 2017 y 2021 en un 24%, representando el 33% como mayor rubro de las ventas totales para el 2021. El servicio de afilado por otro lado representa el 30% sobre las ventas, siendo de gran importancia para la empresa, ya que este es el modelo más rentable de los 14 tipos de modelo de negocio. La empresa cuenta con un gran número de clientes activos, exactamente 275, claramente unos más grandes que otros, desde microempresas de diferentes sectores hasta las grandes empresas líderes en el Valle del Cauca, las cuales son las que cuentan con mayor participación en las ventas de la empresa.

[1] Base promedio 2018=100: "El período de referencia o base del índice corresponde a la temporalidad7 en la cual se fija el valor del índice en 100, es decir, si se señala que el IPC tiene como base en el año 2018, significa que el promedio de los índices mensuales (enero a diciembre del año 2018) es igual a 100"[4]

Actualmente, la EMPRESA presenta un alto porcentaje de incumplimiento en la entrega de los productos de fabricación de cuchillas industriales hacia sus clientes. Según datos históricos de la EMPRESA, en los dos últimos años, tanto de 2021 como del 2022, se presentó un incumplimiento en la fecha de entrega del 46,65% y 46,13% respectivamente. Solamente un 4,56% en el año 2021 se entregó a tiempo y un 11,53% se entregó antes de la fecha acordada (Ver anexo 4). De acuerdo con el gráfico de líneas de los días de retraso que se muestra en la Fig. 2, se puede apreciar la alta variabilidad de los días de retraso, afectando altamente las fechas de entrega y esto en parte explica la problemática de manera directa de acuerdo con el caso que se está estudiando.

Frente a los datos expuestos anteriormente, se puede evidenciar una problemática de incumplimiento mayoritaria, que está afectando desde la calidad de la entrega del producto, aunque cabe destacar que las cuchillas fabricadas y vendidas cumplen las expectativas de los clientes y que ha sido manifestado por los mismos. El problema de la calidad de entrega del producto se ve reflejado en las fechas de entrega, generando la pérdida de clientes como se evidenció en el año 2021, con la pérdida de un cliente grande de mucho potencial. El factor anterior es relevante para una organización en términos de calidad, pues se le está asegurando al cliente que su producto solicitado lo tendrá disponible para su actividad en la fecha estipulada, así que, al no evidenciar un buen cumplimiento, la EMPRESA debe hacer énfasis en un proyecto que brinde una mejora significativa para entregar las cuchillas fabricadas en los tiempos definidos.

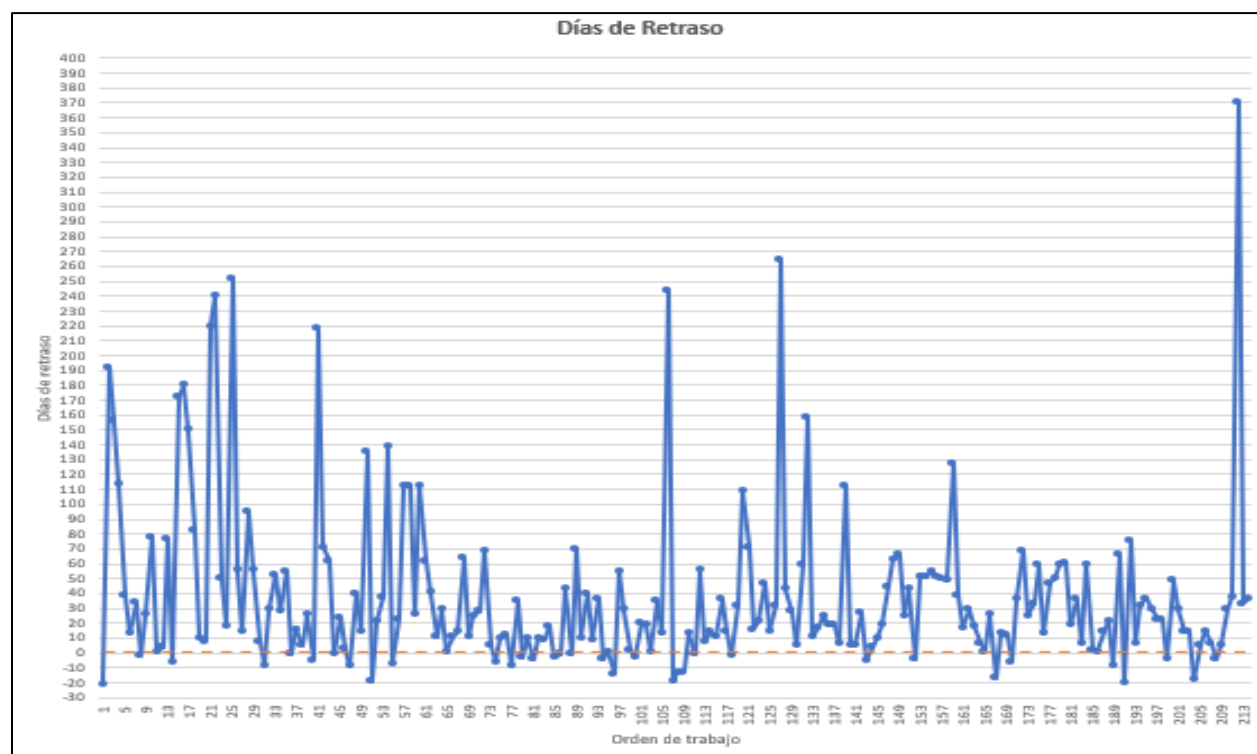


Fig. 2. Días de Retraso de entrega de Cuchillas a Clientes en el año 2022. [15]

Por consiguiente, la EMPRESA cuenta con dos formas de venta desde la producción de cuchillas, donde la primera produce directamente las cuchillas para clientes externos, en la cual algunos productos son solicitados para ser fabricados con especificaciones puntuales, y cabe destacar que en estos casos puntuales se convierten en un nuevo producto y se hace el respectivo registro. A su vez, la segunda forma consiste en fabricar cuchillas que ya se encuentra registradas en la documentación de la EMPRESA y se sigue su fabricación como ya se tiene estipulado. También, hay una línea de servicio de afilado de cuchillas, que corresponde a clientes que adquirieron cuchillas en otras empresas inherentes a esta y requieren procesar este servicio, pero, por otro lado, hay productos fabricados de origen en la EMPRESA que a un plazo futuro por razones de utilización emplean dicha línea de servicio.

Sin embargo, cabe destacar que la EMPRESA fabrica por orden de producción y la adquisición de productos variados puede ser ampliada según lo que el cliente necesite. El gráfico de Pareto en la Fig. 3. de la EMPRESA en el año 2022 por tipos de línea de producción, donde el tipo de la línea se define por el tipo de producto a fabricar, muestra que la mayor fuente de ventas es la fabricación de cuchillas, donde se evidencian ventas de casi \$600 000 000 COP anuales y que representan aproximadamente el 35% de todas las ventas siendo esta la más alta. Lo anterior indica que el tipo de línea de producción que se debe enfocar en la EMPRESA es la línea de fabricación de cuchillas para plantear una propuesta de mejora en la tasa de incumplimiento de dicha línea de producción, pues los datos revelan que es la que impacta positivamente desde el punto de vista de facturación por encima de las demás.

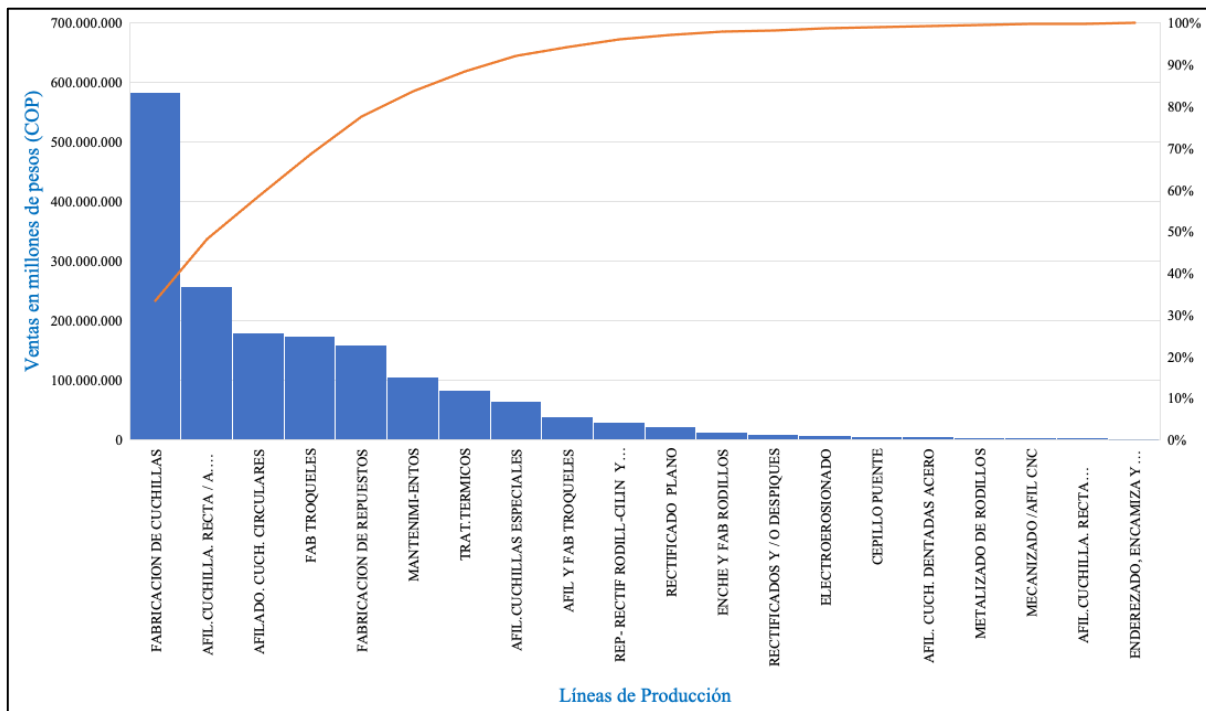


Fig. 3. Ventas por líneas de producción en el año 2022. [16]

Una vez hecho el análisis anterior, se hace el respectivo estudio de los clientes en la EMPRESA para determinar el mismo patrón de significancia que se viene dando desde los factores tratados anteriormente. En este caso, se presenta el diagrama de PARETO, como se muestra en la Fig.4, en comparativa de la línea de producción de cuchillas que se especificó por medio del diagrama de Pareto y se relaciona con las ventas realizadas a los clientes en el año 2022. Se resalta además que la EMPRESA cuenta con aproximadamente cien clientes en la línea de fabricación, por lo que se sugiere enfocarse en los primeros cuatro clientes que aportan el mayor valor en ventas para la EMPRESA, y en este caso se analiza un rango de ventas entre \$60 000 000 COP y aproximadamente \$200 000 000 COP por encima del resto de clientes. Esta sugerencia se da debido a su extenso número de clientes, los cuales sobrepasan la información a analizar y que por otro lado cumple con el comportamiento de enfatizar en los componentes que aporten altamente a la organización, para así diseñar la propuesta de mejora centrada en una línea de fabricación que corresponde al tipo de fabricación de cuchillas y que abastece a los clientes 1,2,3 y 4 respecto al valor de las ventas y el valor agregado que genera para la EMPRESA.

Finalmente, el grupo de investigación se enfocará en reducir la tasa de incumplimiento que presenta la EMPRESA, en un porcentaje del 50% (En 8 días hábiles), priorizando en cumplir la fecha de entrega de los clientes Pareto. Se diseñará una propuesta de disminución en los tiempos de entrega, analizando los procesos de fabricación mediante herramientas de control y monitoreo estadístico y capacidad de planta. De la misma manera, se busca que la empresa disminuya los incumplimientos en las entregas significativamente, permitiendo impactar la satisfacción del cliente y, en consecuencia, obtener beneficios económicos y organizacionales, evitar la pérdida de clientes y asegurar un crecimiento sostenible, Por lo tanto, es necesario implementar cambios positivos en los procesos internos y en los servicios prestados que permitan alcanzar este objetivo.

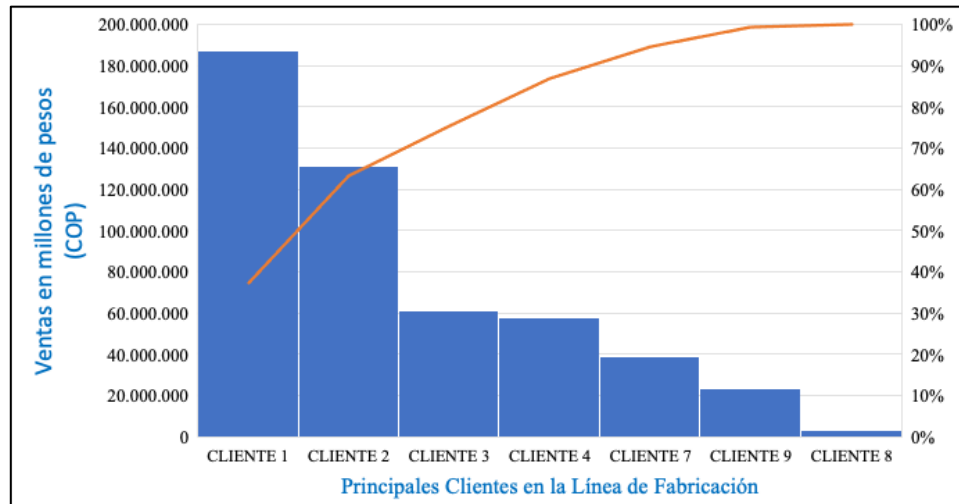


Fig. 4. Ventas de los principales clientes en el año 2022. [16]

B. Grupos de interés (¿Quiénes son los actores interesados?)

Dentro del incumplimiento de las fechas entrega de los trabajos que se presentan en las diversas empresas metalmecánicas es evidente que el empresario es el principal interesado en el proyecto. Los dueños de empresas de este sector resultan tener una gran falencia con el cumplimiento de las fechas de entrega de los productos que fabrican, provocando que la empresa pierda prestigio en el mercado y perdiendo clientes generando pérdidas en sus ventas. En el caso de la fabricación de cuchillas industriales, el gerente es el máximo interesado en la ejecución del proyecto, debido a que posiblemente habrá mayor control y manejo de la problemática principal.

Por otra parte, los empleados se convierten en el segundo grupo de interés debido a la relación directa que tienen con el proyecto y con el proceso de fabricación en la empresa. Dentro del grupo de trabajo que lo conforma existen personas calificadas técnicamente que se encargan del proceso de producción del bien vendido, a cambio de un beneficio económico para la EMPRESA. El desarrollo del proyecto incurre directamente en los empleados de esta empresa debido a que, si se mejoran los métodos operativos y la calidad humana en ellos, la calidad del producto mejorará. Asimismo, se identificó como tercer grupo de interés a los clientes principales de la EMPRESA, los cuales esperan que al solicitar un producto nuevo de corte sea entregado en el tiempo establecido, que cumpla con todos los requerimientos solicitados y que el producto esté fabricado con una excelente calidad.

Consecuentemente, se encuentra el grupo de interés del equipo proyecto, el cual es un conjunto de personas que se dedican a investigar y aplicar todos sus conocimientos aprendidos en el transcurso de su carrera profesional para la solución de un problema que afecta a un sector específico. En este caso el sector metalmecánico, en la EMPRESA fabricante de cuchillas industriales que tiene un enfoque de calidad y productividad.

A continuación, se puede observar en la Tabla I la matriz impacto vs influencia, en donde se priorizan y se describen los grupos de interés del proyecto planteado. En esta matriz se puede ver una descripción breve del grupo y su efecto en proyecto, ya sea notablemente positiva o negativa. Además, se ha asignado una calificación de 1 a 10, siendo 1 una calificación baja y 10 una calificación alta.

TABLA I. CLASIFICACIÓN DE LOS GRUPOS DE INTERÉS Y PONDERACIÓN DE IMPACTO E INFLUENCIA

PARTES INTERESADAS	DESCRIPCIÓN	EFEECTO (del proyecto hacia grupos interés)	Impacto	Influencia
Gerente / dueño	Persona propietaria de la empresa y el encargado de dirigir, gestionar y administrar la empresa.	Mayor satisfacción de los clientes, mayor eficiencia del control en las operaciones y aumento de prestigio y licitaciones.	10	10
Empleados	Personal contratado, encargado de estar en el proceso de producción, a cambio de una remuneración económica.	Aumento de la productividad, ambiente laboral y calidad tanto productiva como de vida.	9	10
Clientes	Organización que requiere el bien de la empresa y están dispuestas a pagar el valor agregado.	Cumplimiento de los requerimientos implantados por ellos, mayor calidad y disminución de los tiempos de entrega,	10	8
Equipo de Proyecto	Personas interesadas en entender de la mejor forma la problemática encontrada, aportando todos sus conocimientos para el desarrollo de esta.	Adquisición de mayor conocimiento mediante las investigaciones generadas y planteamiento de la solución desde un punto de vista de mejora.	8	7

Con base en la matriz impacto vs. influencia, se realiza un diagrama en un plano cartesiano con el fin de mostrar mediante una representación gráfica en la Fig. 5, los grupos de interés con mayor impacto e influencia.

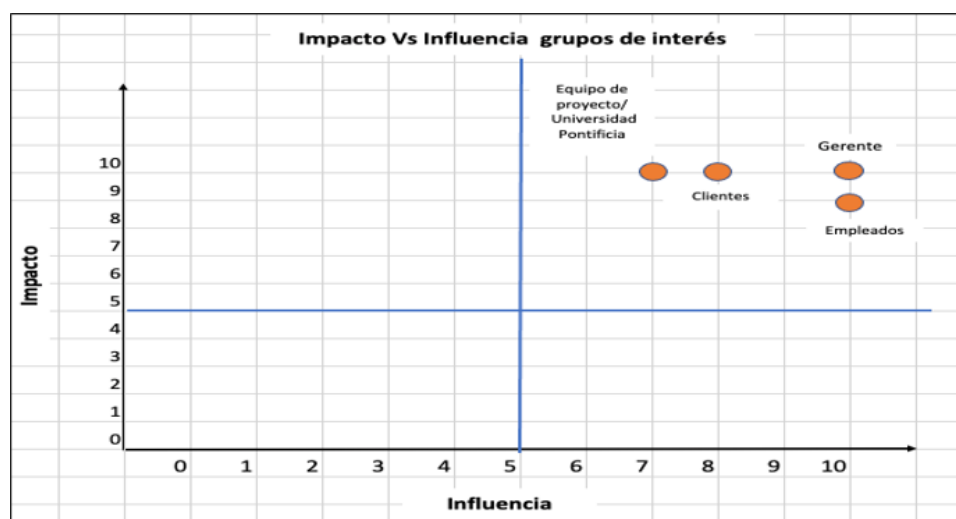


Fig. 5. Gráfico impacto vs influencia de los grupos de interés.

C. Requerimientos

1) Requerimientos y restricciones, especificación y normatividad

La tabla de requerimientos se basa en los grupos de interés de la EMPRESA, partiendo de escuchar la voz de cliente (VoC) de cada grupo e identificar las restricciones del diseño, para la búsqueda de contener esas limitaciones y buscar alternativas desde las especificaciones de este, cuya relación se entiende desde características o cifras específicas que suplan los requisitos planteados. De la misma manera, cabe destacar que tiene un grado de relevancia alto el conocer las leyes y normativas que incurren en el análisis de los grupos de interés, y así su importancia se hace necesaria para abarcar en la aplicación del proyecto.

También, se realizó una encuesta (Ver anexo 1) con cinco preguntas clave (abiertas y cerradas), dirigida a todos los grupos de interés, para la recolección de información verídica y que contextualizará la situación de la empresa más a fondo y en la búsqueda de suministrar datos precisos y realistas. Asimismo, se consultaron fuentes secundarias de manera directa como lo fueron: La EMPRESA, clientes, empleados, etc.

Seguidamente, se analizó cada pregunta para recurrir a información detallada como lo fue el rol específico que ejerciera en la EMPRESA (Cliente, Operario, Gerente, Empleado, etc.) para identificar de quién se está hablando como grupo de interés para solicitarle requisitos a la empresa, luego, el problema más relevante según su punto de vista enfocado en la propuesta que se generó inicialmente para minimizar los tiempos de entrega en la fabricación de cuchillas. Asimismo, sugerir una solución que ampliara la visión de lo que específicamente quiere el grupo de interés en palabras y analizar la normativa y su importancia para poder aplicarlo y ejercer su respectivo cumplimiento. En la cuarta pregunta, se buscó trascender en el requisito sugerido por el grupo de interés y mostrar explícitamente en números el resultado al que se quiere llegar después de aplicar el requisito. Por último, se plantea una pregunta que se realizó con el objetivo de ultimar detalles mínimos para que el grupo de interés generara una comparativa entre la empresa con otras del sector y presentar su opinión sobre cómo mantenerse a lo largo del tiempo, lo que finalmente desarrolla ideas para implementar mejoras a largo plazo como lo busca el diseño propuesto.

TABLA II. REQUERIMIENTOS SEGÚN LOS GRUPOS DE INTERÉS DE LA EMPRESA

Grupos de interés	VoC (Requisitos grupos de interés)	Restricciones de diseño	Especificaciones de diseño	Legislación y requisitos aplicables	Importancia o efecto
Gerente/Dueño	1). Obtener el estado de proceso de las cuchillas en fabricación en su totalidad, respecto a los centros de trabajo desde la orden de producción hasta su entrega.	1). Operarios de cada centro de trabajo, materia prima requerida para la fabricación, problemas de producción de la planta (Daños, reparaciones, imprevistos) y retrasos en cada uno de los procesos de fabricación.	1). Tener conocimiento desde el inicio hasta el final de la fabricación de las cuchillas en la empresa por cada centro de trabajo para pronosticar su entrega.	1).ISO 9001:2015(Sistemas de Gestión de la calidad), con la empresa certificada en el año 2015 [6].	La importancia de las ISO hace parte de la gestión de calidad que se realizará en la empresa, de acuerdo con las modificaciones del sistema y que el gerente solicita, para la presentación, implementación y evaluación del proyecto como forma de solución y asegurar que los estándares de calidad propuestos se cumplan y se llegue a los resultados planteados inicialmente.
	2). Mantener los tiempos de procesamiento de la línea de fabricación de cuchillas, para obtener mayor eficacia y eficiencia, impactando en la entrega del producto terminado.	2). Capacidad de producción de la línea de fabricación, número de operarios y comportamientos que afectan sus trabajos (Inconvenientes personales, psicológicos, salud), y cantidad y mantenimiento de	2). Mantener el tiempo en proceso por lote (Cuchillos Calientes), con un margen de error de más o menos 5%, mejorando los tiempos de entrega de estos.		

		máquinas empleadas para la fabricación.			
Cientes	1). Disminuir el tiempo de incumplimiento de las fechas de entrega acordadas de las cuchillas fabricadas a los clientes con mayor importancia en ventas (Pareto).	1). Variabilidad de productos a fabricar para cada cliente que lo solicite (Sistema de fabricación por proyectos), tiempo de fabricación, capacidad de producción de la línea.	1). Mejorar los tiempos de entrega de cuchillos calientes en un 50% respecto a los actuales (7,5 días hábiles).	1).ISO 9001:2015(Sistemas de Gestión de la calidad), con la empresa certificada en año 2015 [6].	Para los clientes, la gestión de calidad es primordial, por la relación que se tiene de entregar algo que solicitan y en primera instancia mantener su calidad de lo que abastece sus necesidades, por lo tanto, al emplear un cambio significativo y notable, se requiere mantener los índices de calidad en un alto nivel y sin desbordarse en ningún momento a pesar de lo modificado. De la misma manera, el código de ética relaciona con ser justos y claros con el producto fabricado que se va a entregar y las fechas de entregas propuestas para quienes necesitan del producto y lo requieren en todo momento.
Empleados	1). Estandarizar el programa de producción para la fabricación de cuchillas, para mantener el plan establecido.	1). Operarios de cada centro de trabajo (Problemas personales, psicológicos, salud), innovación de procesos más eficientes para nuevos productos, maquinaria, herramientas de trabajo y el cambio del plan de producción estipulado.	1). Mantener y obtener mayor control del programa de producción establecido inicialmente, sin generar cambios repentinos y exigentes, a no ser que se requiera.	1).ISO 9001:2015(Sistemas de Gestión de la calidad), con la empresa certificada en año 2015 [6].	Para los empleados, la gestión de calidad es vital, para propiciar una calidad en la mano de obra digna y justa y así verse reflejado el producto fabricado que se entregará a los clientes.
Equipo del proyecto	1). Establecer fechas de entrega fijas a los clientes con mayor importancia en ventas, respecto a la ejecución de los procesos de fabricación de cuchillas solicitadas por estos.	1). Situaciones personales de empleados, accidentes laborales y pronosticar la fecha exacta para no quedar mal con el cliente.	1). Pronosticar fechas de entrega más concretas a los clientes con mayor importancia en ventas, de esta manera mejorar el cumplimiento.	1).ISO 9001:2015(Sistemas de gestión de la calidad), con la empresa certificada	La gestión de calidad es importante, ya que los estudiantes deben conocer esta normativa claramente para ser aplicada y de la misma manera que sea ejecutada en el proyecto que se está efectuando, también para partir de bases que surgen en la aplicación y mejoras que se puedan hacer a partir de ello. Por lo mismo, el código de

	2). Controlar indicadores de mantenimiento de la calidad del producto para asegurar está en las cuchillas fabricadas, después de haber implementado mejoras significativas.	2). Productos nuevos fabricados por primera vez. Líder de fabricación, operarios y mantenimiento de las Maquinas.	2). Controlar los KPI'S, los cuales se encargan de mantener la calidad del producto, después de implementar las mejoras. Mantener el tiempo de proceso por lote con un margen de más o menos 10% y disminuir tiempos de entrega en al menos un 40%	en el año 2015 [6].	ética indica una gran responsabilidad, pues al aplicar mejoras y diseños nuevos para la problemática, debe ser todo claro, legal y ordenado para lo que se está entregando a la empresa, pues no solamente contribuye un actor, sino también quienes se relacionan como terceros para recibir lo que esta brinda.
--	---	---	--	---------------------	---

III. MEDIR

A. Plan de recolección de datos

El plan de recolección de datos es de suma importancia, ya que con la ayuda de este se podrá identificar, medir y analizar las variables más relevantes del proceso, para poder evidenciar los tiempos de entrega de los pedidos de los cuatro clientes Pareto y así conocer el desempeño actual de la EMPRESA.

La EMPRESA cuenta con una gran variedad de referencias por cada cliente, por lo que se realizó una serie de gráficos de Pareto (Fig. 6-9), para segmentar las referencias. Con este análisis se escogieron las referencias más importantes por cliente para la EMPRESA en cuestión de ventas, ya habiendo tenido este gráfico con las referencias y los clientes Pareto, se tomaron las primeras 4 referencias de cada cliente para poder medirlo. En este caso se midió la Producto 4 del cliente 1.

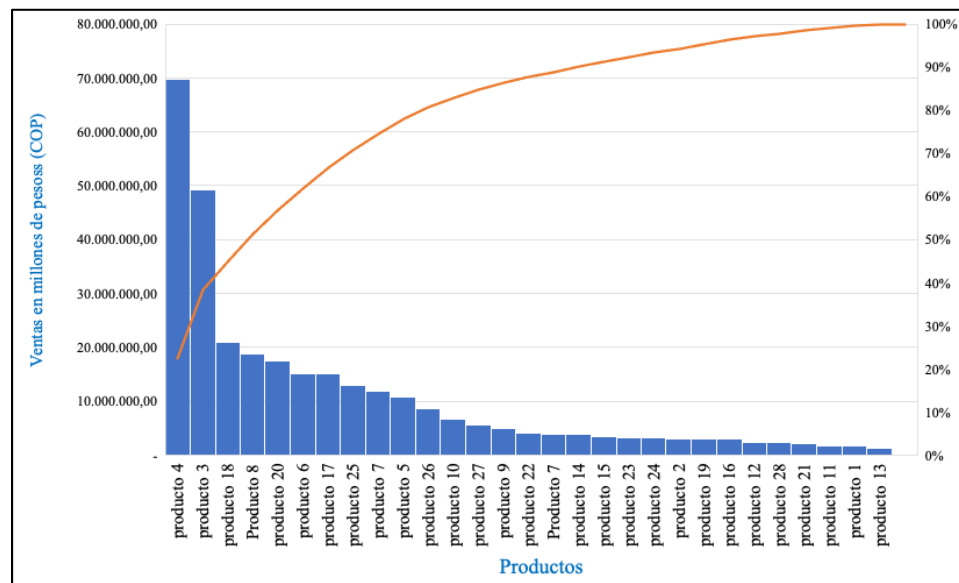


Fig. 6. Productos producidos al cliente 1 en año 2022. [11]

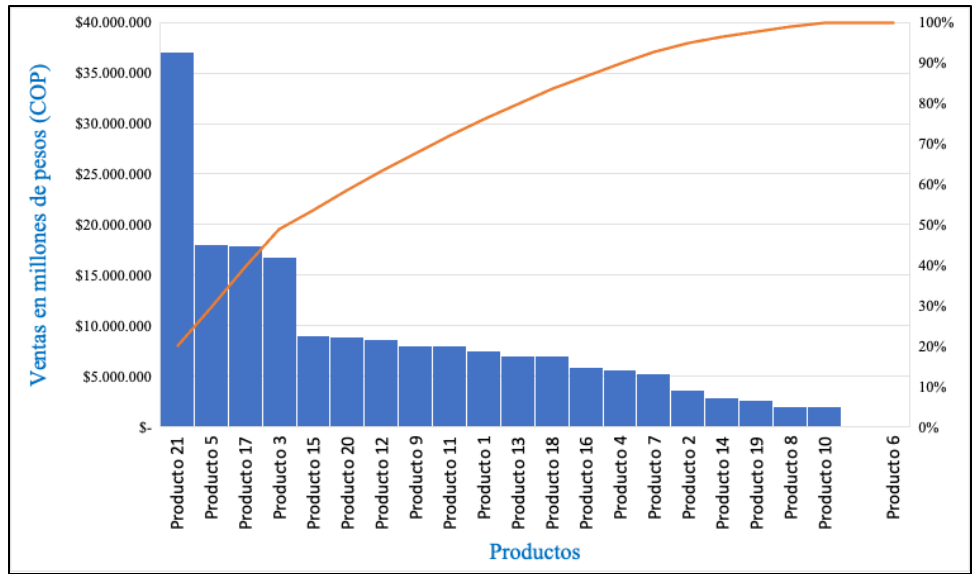


Fig. 7. Productos al cliente 2 en el año 2022. [11]

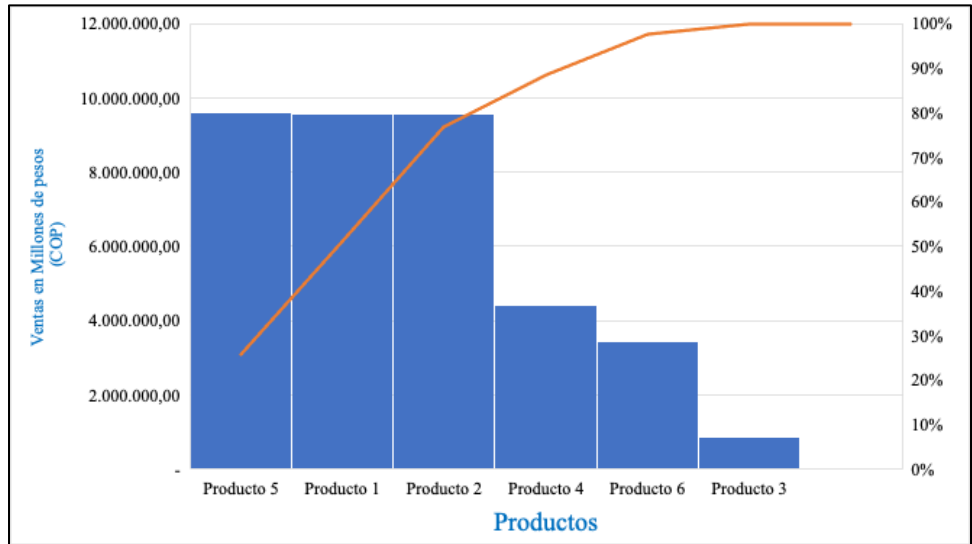


Fig. 8. Productos al cliente 3 en el año 2022. [11]

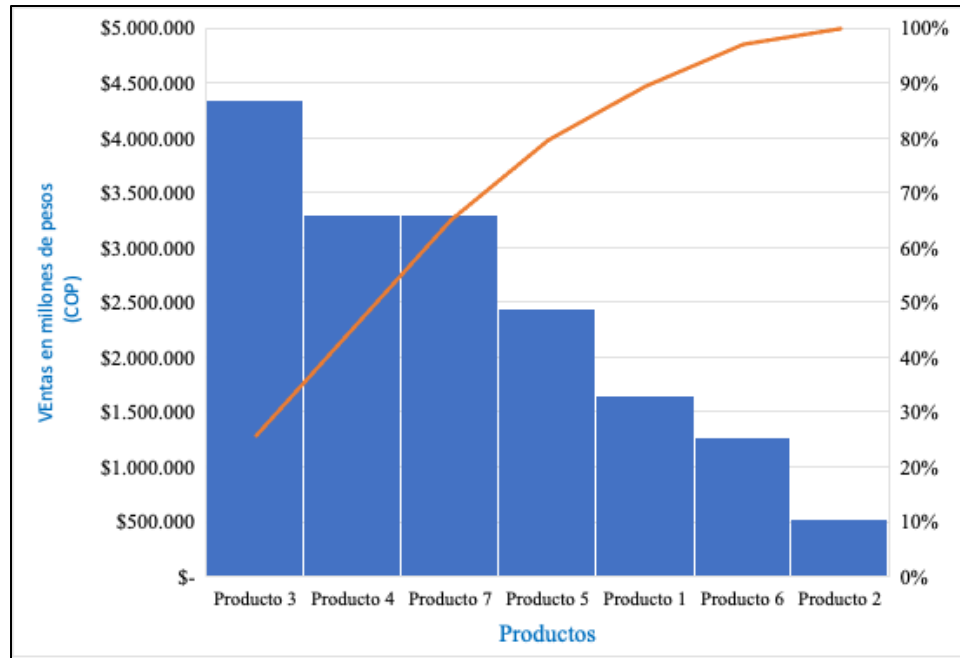


Fig. 9. Productos al cliente 4 en el año 2022. [11]

Para la toma de datos de las variables identificadas en el proceso de producción que afecta el tiempo de entrega, se hará la toma de una muestra de aproximadamente 25 piezas de un pedido como mínimo, de acuerdo con la fórmula de tamaño de muestra (3), para luego medirlo en cada estación de trabajo y el tiempo de procesamiento total del sistema en minutos, y así tener una noción del estado actual de la EMPRESA. A su vez se utilizarán los datos históricos para poder analizar cómo viene trabajando la compañía, mediante gráficos e indicadores, estos datos se tomarán de la base de datos de producción de la EMPRESA que se encuentra en el computador del área de producción operado por una asistente.

Concluyendo, se calculó la tasa de cumplimiento de la empresa, con la ecuación (2) en días. Respecto a lo anterior, la ecuación que se usó para el cálculo del porcentaje de la tasa de incumplimiento con base en los días de retraso que se tuvieron por pedido, sobre los días meta de entrega que el cliente está dispuesto a esperar por su producto una vez asignada la fecha.

$$(1) \text{Días de Retraso} = \text{Fecha Establecida} - \text{Fecha de Entrega}$$

$$(2) \text{Tasa de Incumplimiento} = \frac{\text{Días de Retraso}}{\text{Días Meta de Entrega}}$$

$$(3) \text{Tamaño de Muestra } n = \frac{1,96^2 \sigma^2}{e^2}; \sigma = 0,13 \text{ y } e = 0,05$$

Se marcaron las cuchillas con un marcador especial (rayador) y se les escribió la referencia “G1”; se dejaron instrucciones a los operarios y al supervisor de planta para que siguiera con la toma de datos en los procesos faltantes. La recolección de datos se realizó por parte del grupo de trabajo (Ver anexo 5), asistiendo a la EMPRESA, para analizar un pedido de un cliente Pareto, el cual se tiene un contrato definido de entregar 400 productos que pertenecen al grupo de cuchillas (Cuchillos calientes). Adicionalmente, el método que maneja la EMPRESA con el cliente es de entregas graduales cada mes de 45 cuchillas, sin embargo, en este caso por órdenes de planeación se produjo un lote de 30 Cuchillos Calientes, el cual pasó por las estaciones de trabajo de Corte, con una máquina automática, Pulido, Tratamiento Térmico, Afilado y Encabado con intervención de mano de obra, respectivamente.

Teniendo en cuenta lo anterior y con ayuda del PRD (Ver anexo 6), se midieron los tiempos de procesamiento de cada pieza en cada una de las estaciones de trabajo en minutos, aunque cabe destacar que los tiempos de fabricación de un pedido son muy largos y la fabricación de mayor cantidad de estos tomaría más tiempo del estipulado para el

proyecto. Además, se resalta que los tiempos cambiaron únicamente en la etapa de Pulido, ya que fue donde se realizó la intervención del grupo para adquirir datos con un cronómetro desde el momento en el que inició la primera cuchilla hasta la última. Es decir que, las demás estaciones de trabajo tuvieron tiempos constantes, las cuales se les asignó a los operarios la medición del tiempo total de la estación y se estimó el mismo tiempo para cada cuchilla; y para el cálculo del tiempo de fabricación del sistema se adicionaron los tiempos de espera, alistamiento y subprocesos de necesidad para el proceso principal, como se muestra a continuación en la Tabla III.

TABLA III. TIEMPO DE PROCESAMIENTO DEL LOTE DE CUCHILLOS CALIENTES

Tiempo de Procesamiento por Estación de Trabajo (Minutos)							
Corte	Pulido	Tratamiento Térmico	Afilado	Encabado	Tiempo de Proceso Total	Tiempo de espera total (Se incluyen tiempos de alistamiento y subprocesos)	Tiempo en Proceso Total del Sistema
8,93	16,03	93,20	240,00	840,00	1 198, 16 (2,5 días hábiles)	1 776,00 (3,7 días hábiles)	2 974,16 (6,2 días hábiles)

Teniendo en cuenta la TABLA III y el Anexo No.5, el tiempo promedio de cada Cuchillo Caliente en el sistema analizado fue de 1,65 horas aproximadamente y el sistema tardó 6,2 días hábiles, incluyendo tiempos de espera, en estar listo para vender al cliente Pareto, dentro del tiempo hábil establecido por la empresa de 8 horas de turno de lunes a viernes y un turno de 3 horas los sábados.

Adicionalmente se obtiene una desviación estándar del sistema de 0,13 minutos aproximadamente, lo que indica que cada pieza tardó 0,13 minutos por encima o por debajo de los 99,14 minutos de procesamiento. Además, asumiendo un error máximo de 5 minutos por pieza, ya que se estableció como lo máximo que podía haber de equivocación por muestra para estimar el tiempo promedio de afilar una cuchilla, se obtiene que, al calcular el tamaño de muestra (3), se debieron realizar como mínimo 25 muestras para adquirir veracidad en la información extraída, por lo cual las 30 muestras obedecen al tamaño de muestra necesario (Ver anexo 5-Hoja3).

Luego de terminar la toma de datos reales del proceso y ya habiendo segmentado por clientes y las referencias de cuchillas, se completará la información con la base de datos de la EMPRESA para poder hacer el análisis respectivo de la tasa de incumplimiento. De acuerdo con las siguientes figuras (fig. 10-12), las cuales muestran el incumplimiento de cada cliente Pareto en el año 2022, para los clientes 3 y 4 el incumplimiento fue del 100%, por ende, no se muestra en los gráficos (Ver anexo 2).

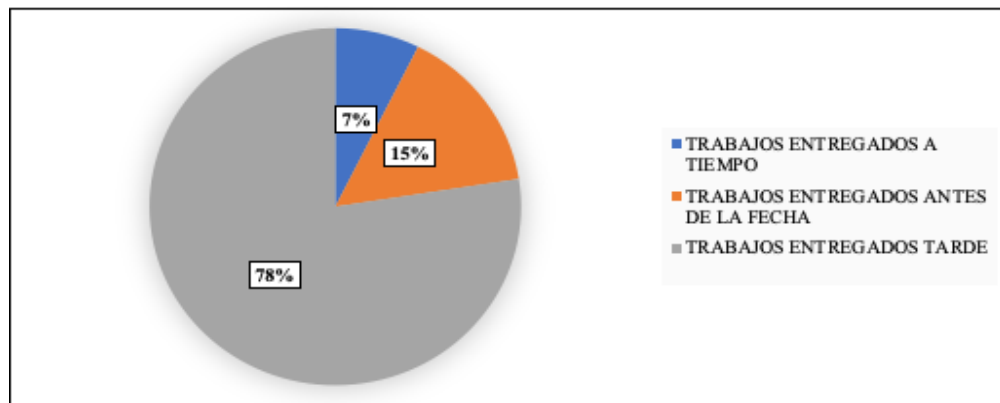


Fig. 10. Incumplimiento de todos los pedidos de fabricación en el año 2022. [11]

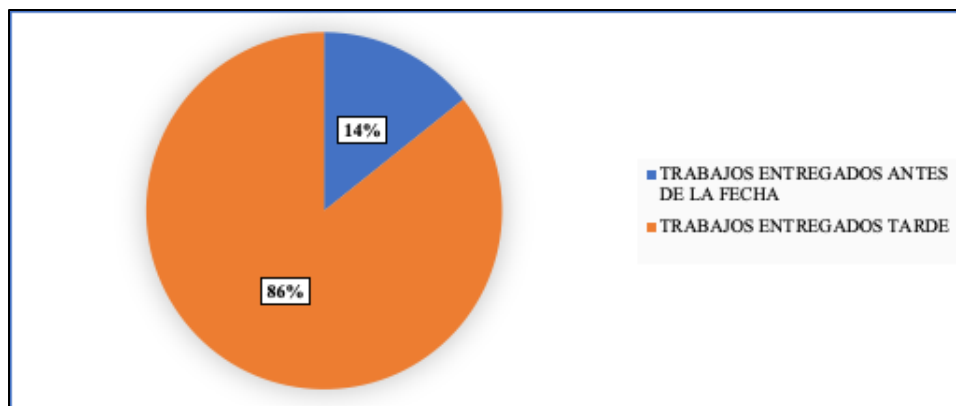


Fig. 11. Incumplimiento de pedidos de fabricación del Cliente 1 en el año 2022. [11]

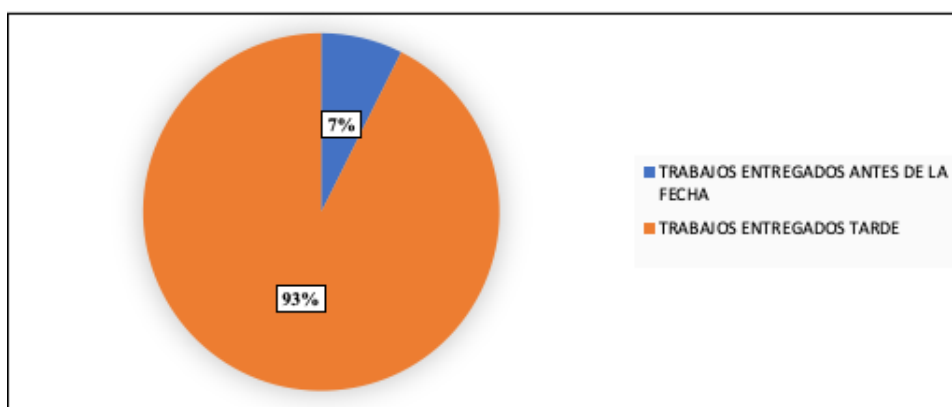


Fig. 12. Incumplimiento de pedidos de fabricación del Cliente 2 en el año 2022. [11]

El indicador KPI, de acuerdo con sus siglas en inglés significa “Key Performance Indicator” que traduce “Indicador Clave de Rendimiento”, el cual, mediante un objetivo final para un proyecto u operación, se crean una métricas o indicadores que tengan un impacto en el objetivo final para poder llegar a dicha meta. Se recomienda que el indicador KPI, sea SMART, específico, medible, alcanzable, realista y de duración limitada, para poder analizarlo de manera adecuada [10]. En este caso el objetivo del grupo de trabajo es reducir el tiempo de incumplimiento de los productos y clientes Pareto en 10 días hábiles (25% del actual), después de la fecha de entrega.

Finalmente, una vez teniendo la información para medir los indicadores que evalúen el seguimiento del objetivo principal, se toma la decisión de realizar las mediciones con sus respectivos análisis del proceso actual y de esta manera ver el estado del proceso vigente.

TABLA IV. INDICADORES DE DESEMPEÑO A MEDIR

Variable	Objetivo	Descripción	Indicador
Tiempo de Entrega (Días de retraso)	Determinar el incumplimiento de manera precisa.	Tiempo desde que se debe entregar la orden de fabricación hasta que se entrega la cuchilla	$Días\ de\ Retraso = Fecha\ establecida - Fecha\ de\ entrega\ (1)$
Tiempo de Proceso	Mejorar la productividad de la fabricación de Cuchillas industriales.	Sumatoria de tiempos de procesamiento de cada etapa del sistema	Tiempo de Proceso = $\Sigma (TS - TE)$ TS = Tiempo de salida del lote TE = Tiempo de entrada del lote
Tiempos de Espera en Proceso	Mejorar los tiempos de espera entre procesos.	Sumatoria del tiempo desde que termina un proceso determinado hasta que empiece otro proceso.	Tiempo de espera = $\Sigma TA + TEp$ TA = Tiempo de alistamiento.

			TEp= Tiempo de espera entre procesos.
--	--	--	---------------------------------------

B. Medición del sistema actual

Es de gran importancia realizar la identificación y la descripción precisa del estado actual del proceso de fabricación de cuchillas, mediante la utilización de herramientas tales como la hoja de trabajo de situación actual (Ver anexo 7), la cual permite identificar de manera cualitativa el problema que presenta la EMPRESA y disponer de elementos de utilidad para la fase de analizar y llegar a la causa base del problema. Para ello, se usó el método de observación, encuestas a los interesados del proyecto, revisión de la información de las normas y procesos que tiene la EMPRESA.

Por otro lado, se accedió a diagramas de flujo (Ver fig. 14) y mapa de procesos. Asimismo, se tomó la decisión de caracterizar el proceso de fabricación de cuchillas detenidamente, por medio de un diagrama SIPOC, un flujograma que determinó el funcionamiento actual de los procesos y un mapa de procesos que mostrara los procedimientos puntuales de la empresa. Lo anterior, con el fin de conocer detalladamente las fases del proceso, puestos de trabajo, normativas, indicadores, variables acertadas, recursos utilizados y entradas y salidas que constantemente requieren una serie de subprocesos establecidos.

Por lo tanto, el SIPOC (Ver fig. 13), fue una herramienta de absoluto apoyo para saber los recursos generales de manera puntual, respecto al enfoque de la propuesta de la línea de producción de fabricación de cuchillas, esto además se relaciona con la orden de producción planteada (Ver anexo 15), como la orden en el momento que se inicia la fabricación en la planta del producto específico, así, el SIPOC se relaciona de tal manera que, no todos los recursos se utilizan en todos los casos, sino cuando se requiere según las necesidades a satisfacer de la EMPRESA para el cliente.

Nombre proceso		Fabricación de cuchillas industriales			
Objetivo proceso		Fabricar la cuchila según los requerimientos del cliente			
Responsable		Jefe de fabricación			
Entradas		Subprocesos y/o Actividades		Salidas	
Proceso/Fuente	Elementos	Descripción	Método	Elementos	Proceso/destino
Máquinas CNC, Operarios y planos	Aceros, Programación CAD, Herramientas (Escareador, brocas)	Se realizará: -Preparación MP - Preparación programación -Preparación de máquinas -Revisión de calidad y de medidas	-Orden de compra -Orden de producción	Caja con cuchillas con respectivos requerimientos	Zona de despacho de producto terminado. Se coordina para que el cliente recoja el producto o se procede a enviar el producto
Procesos de apoyo		Recursos			
-Área de ventas -Área de Compras -Área de producción -Área de calidad		-Operarios técnicamente capacitados para el manejo de instrumentos de medición, dibujo tecnico y manejo de centros de mecanizado. -Ingeniero mecánico o industrial con conocimientos en el área de procesos de manufactura y control de calidad. Tecnología: computador, programas de dibujo, centros de mecanizado, máquinas de corte de aceros y rectificadoras.			
Indicador	Regulaciones/ Reglamentaciones	Requerimientos de normas			
Cumplimiento de la producción: Número de cuchillas fabricadas / Número de cuchillas solicitadas Calidad: Número de cuchillas sin pasar el control de calidad / Cuchillas fabricadas	-Control de producción -Planeación de la producción -Certificado de calidad y aceros -Auditorías internas (5s, Calidad, Mantenimiento preventivo de maquinaria)	Norma de seguridad ISO 4500, Norma ISO 901			

Fig. 13. Diagrama SIPOC de Fabricación de cuchillas industriales.

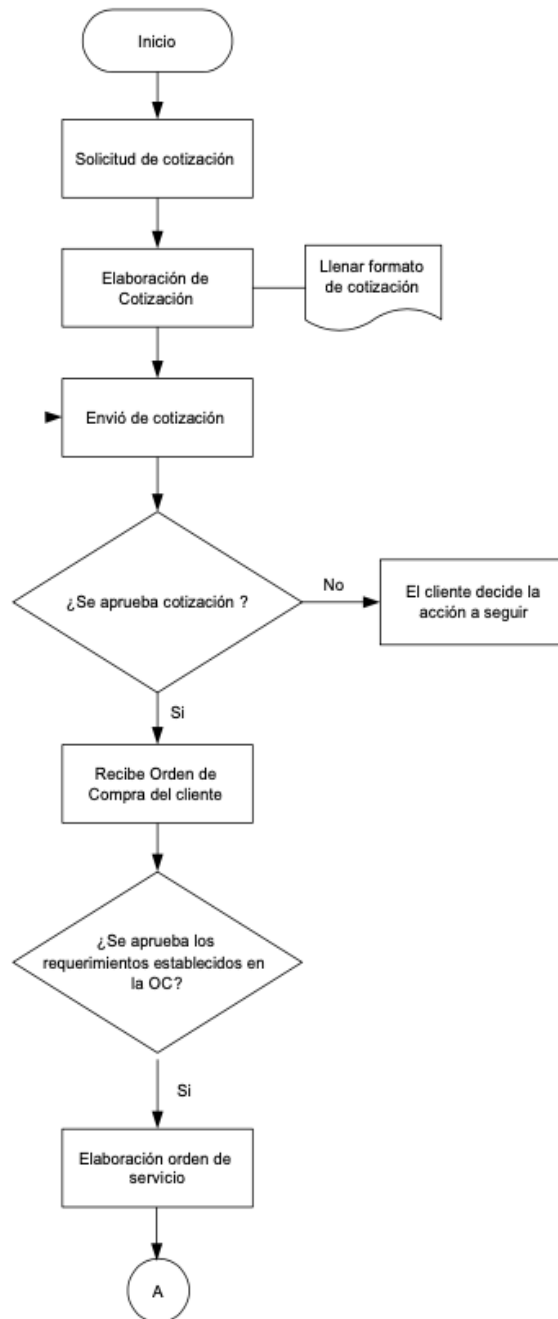


Fig. 14. Diagrama general del funcionamiento de los procesos de la EMPRESA Pág. 1. [13]

ESQUEMA GENERAL DEL
FUNCIONAMIENTO DE LOS PROCESOS

Método Actual

Elaborado: Inmagraf Ingeniería sas

Página 2 de 2

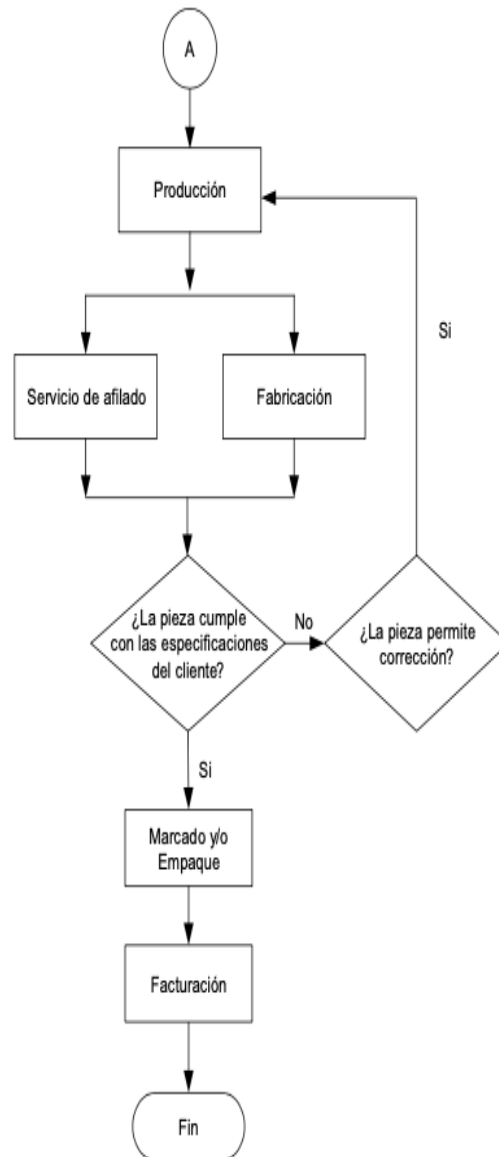


Fig. 15. Diagrama general del funcionamiento de los procesos de la Empresa Pág. 2.[13]

Se necesitó la elaboración del Diagrama general de la EMPRESA para analizar el paso a paso de la generalidad del proceso en cuanto a la línea de fabricación de cuchillas. Sin embargo, ya se contaba con este diseño como fuente verídica de la empresa, como se puede observar en Fig. 14-15. Debido a que en la etapa definir fue necesario identificar el campo significativo de la propuesta de mejora y se llegó a la conclusión de enfocarse en la línea de producción de tipo fabricación de cuchillas para clientes potenciales en ventas, por lo tanto, es de suma necesidad conocer cómo se fabrica una cuchilla desde el momento en que se toma la solicitud de cotización del cliente, hasta que se realiza su respectiva entrega.

Seguidamente, es importante destacar que la composición del proceso no se limita exclusivamente a los procesos de fabricación, sino que también involucra la forma en que se lleva a cabo el proceso de producción en una línea de fabricación de cuchillas. Asimismo, se da inicio con la orden de compra, la cual pertenece al área administrativa en relación de la EMPRESA con el cliente para entender lo que se requiere y con especificaciones detalladas del producto, teniendo en cuenta que la EMPRESA puede contar con el historial del producto requerido diseñado, sin embargo, si este varía respecto a especificaciones o es un producto nuevo, se debe evaluar y generar una aprobación de la cotización para dar pie a la orden de producción (Ver anexo 15) e iniciar en materia con los procesos del producto como tal.

Posteriormente, se procede a identificar los materiales necesarios para el producto específico que solicitó el cliente y hacer la revisión de inventario según sea el caso, pero, en la situación de no tener material disponible, se debe ejecutar un proceso de compra y emplear este tiempo de espera para la producción. Luego de obtener el producto final, se procede a una fase de inspección, donde se debe analizar si las especificaciones que sugiere el cliente fueron alcanzadas y desarrollar una solución en caso de que no se hayan suplido.

Luego, cuando el producto se encuentra aprobado, se realiza el proceso de marcado y empaque y se almacena en el almacén de producto terminado para finalizar con la facturación del producto y planear la ruta de entrega si se solicita. Cabe destacar que, la EMPRESA ejecuta su actividad económica por orden de pedido y por ende existe mucha variabilidad en la producción en la línea de fabricación de cuchillas, además, no solo pertenecen clientes destacables a la EMPRESA, sino que puede darse la posibilidad de clientes cotidianos con menor peso en ventas.

El cursograma sinóptico del proceso de fabricación de cuchillas industriales permite identificar los cuellos de botella, las opciones de mejora y los puntos críticos que se deben tener control (Ver anexo 8). Lo anterior se refiere al cursograma sinóptico de la fabricación de una cuchilla dentada HYPE S65 300 del cliente 1 de los clientes Pareto. Este permite identificar que el proceso cuenta con 9 operaciones las cuales tienen constantes inspecciones de calidad entre procesos, respecto a tiempos de proceso de cada una de las actividades tomadas en horas. El proceso de mecanizado por medio de máquinas CNC es el proceso que más tiempo en proceso toma con respecto a los demás procesos que tiene la fabricación de la cuchilla, siendo este un cuello de botella que aumenta el tiempo total de fabricación.

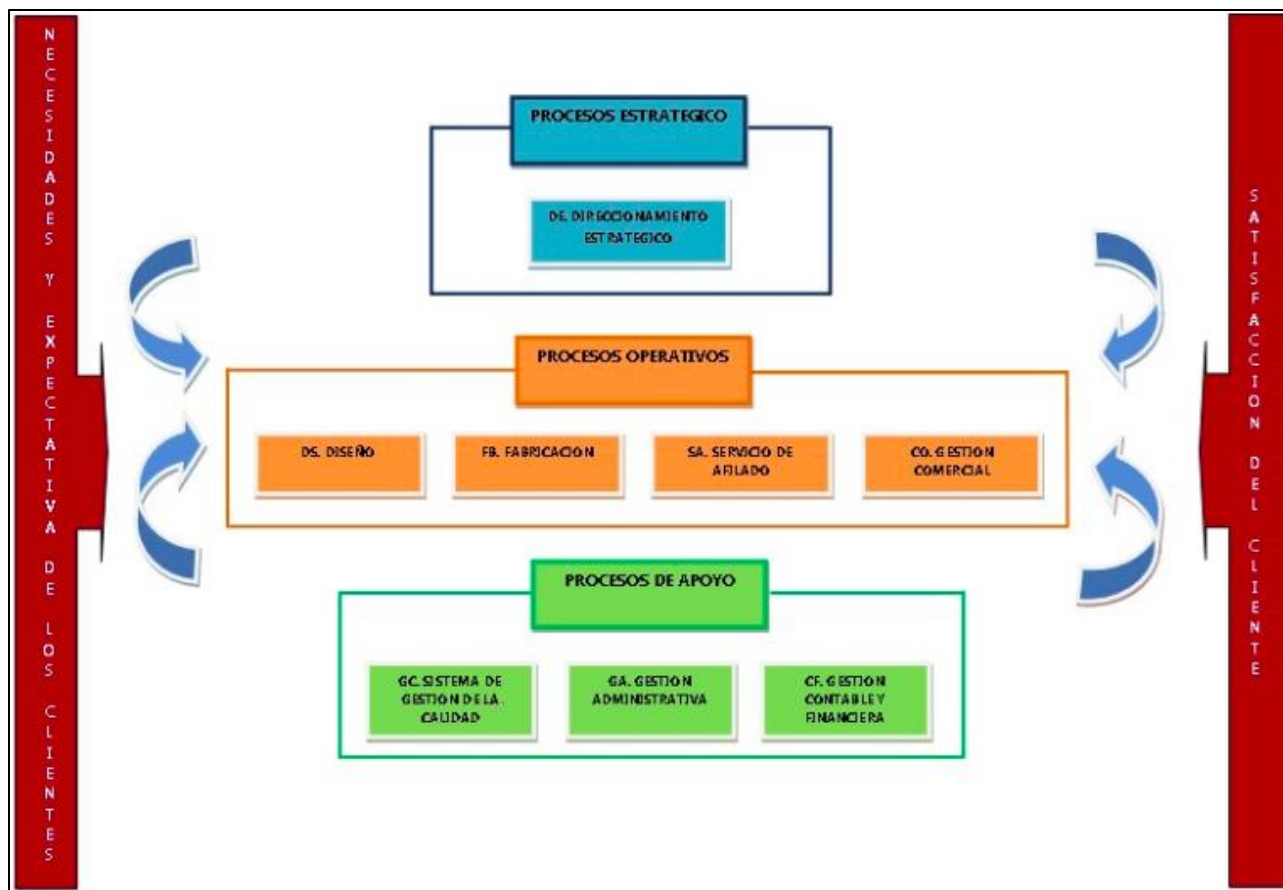


Fig. 16. Mapa de procesos de la EMPRESA. [14]

El mapa de procesos, como se muestra en la Fig.16, es una herramienta fundamental para identificar y visualizar los procedimientos que componen una empresa. En este estudio, se utilizó una clasificación estándar para cada tipo de proceso: Estratégico, Operativo y de Apoyo, se analizaron detalladamente los procesos estratégicos y se pudo identificar que estos procesos cuentan con un direccionamiento estratégico en el que se involucran la dirección gerencial y el liderazgo de producción.

Por otro lado, se estudiaron los procesos operativos, los cuales son fundamentales para la realización del producto, estos procesos incluyen el departamento de diseño, la fabricación, el servicio de afilado y la gestión comercial, es importante destacar que la correcta gestión de estos procesos garantiza la calidad del producto final.

Por último, se identificaron los procesos de apoyo, que son esenciales para el correcto funcionamiento de la empresa, entre estos procesos se encuentran el sistema de gestión de la calidad, la gestión administrativa y la gestión contable y financiera. La implementación adecuada de estos procesos de apoyo permite una gestión eficiente y efectiva de la empresa.

Al identificar las variables para tener en cuenta el análisis del proceso de fabricación de cuchillas, según se detalla en el PRD (Ver anexo 6), se procedió a evaluar los indicadores de desempeño relevantes para el proyecto. Se

compararon los resultados actuales con las metas que se establecieron según los requisitos del grupo de interés correspondiente, adicionalmente.

TABLA V. RESULTADOS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO

Variable	Indicador	Actualidad	Meta
Tiempo de Espera en Proceso	Tiempo de espera= $\Sigma TA + TEp$ $TA =$ Tiempo de alistamiento. $TEp=$ Tiempo de espera entre procesos.	40 días hábiles (Anexo 14)	28 días hábiles (-12 días hábiles)
Tiempo de Entrega (Retraso)	$Días\ de\ Retraso = Fecha\ de\ entrega - Fecha\ establecida\ (1)$	15 días hábiles (Anexo 14)	3 días hábiles
Tiempo de Proceso por Lote (Cuchillos calientes)	Tiempo de Proceso = $\Sigma(TSi + TEi)$ $TSi =$ Tiempo de salida del lote del proceso $TEi =$ Tiempo de entrada del lote al proceso	2.5 días hábiles	2.5 días hábiles

IV. ANALIZAR

A. *Análisis de Causas*

Después de llevar a cabo la recolección de datos de los indicadores clave de rendimiento (KPIs) relevantes que permiten determinar la situación actual de la empresa, se lleva a cabo un análisis de causalidad. Esta fase es esencial en el marco del proyecto, ya que implica la identificación de los factores causales que contribuyen al problema planteado inicialmente.

La identificación precisa de las causas raíz es crucial, ya que permite la selección de la mejor opción de mejora para abordar el problema. Además, este análisis de causalidad proporciona un valioso conocimiento que servirá como base para el diseño de una solución efectiva. Este diseño implica la elaboración de estrategias y acciones específicas que ataquen las causas identificadas, buscando optimizar los procesos, reducir los desperdicios, mejorar la eficiencia y maximizar los resultados empresariales.

Con el fin de llevar a cabo una evaluación exhaustiva de los factores desencadenantes, se desempeña una sesión de generación de ideas conocida como "tormenta de ideas", ya que es fundamental establecer una conexión sólida entre el equipo y la empresa, debido a que la sinergia resultante de ambos sectores permitirá la generación de un número suficiente de enfoques que, a su vez, posibilitarán un análisis detallado con causas específicas identificadas por el personal operativo, la alta dirección y el propio equipo de trabajo. Al realizar la tormenta de ideas se evaluaron posibles causas que generan el incumplimiento de las fechas de entrega de las cuchillas, estas ideas fueron recopiladas y luego utilizadas como insumo para la construcción del diagrama de causa y efecto, el cual está dividido en ramificaciones, asemejándose a las espinas de un pez con el fin de organizar y estructurar estos factores, así como explorar las relaciones de causa y efecto entre ellos. Con base en lo expuesto previamente, se procede a la elaboración del diagrama de causa y efecto (Ver anexo 13).

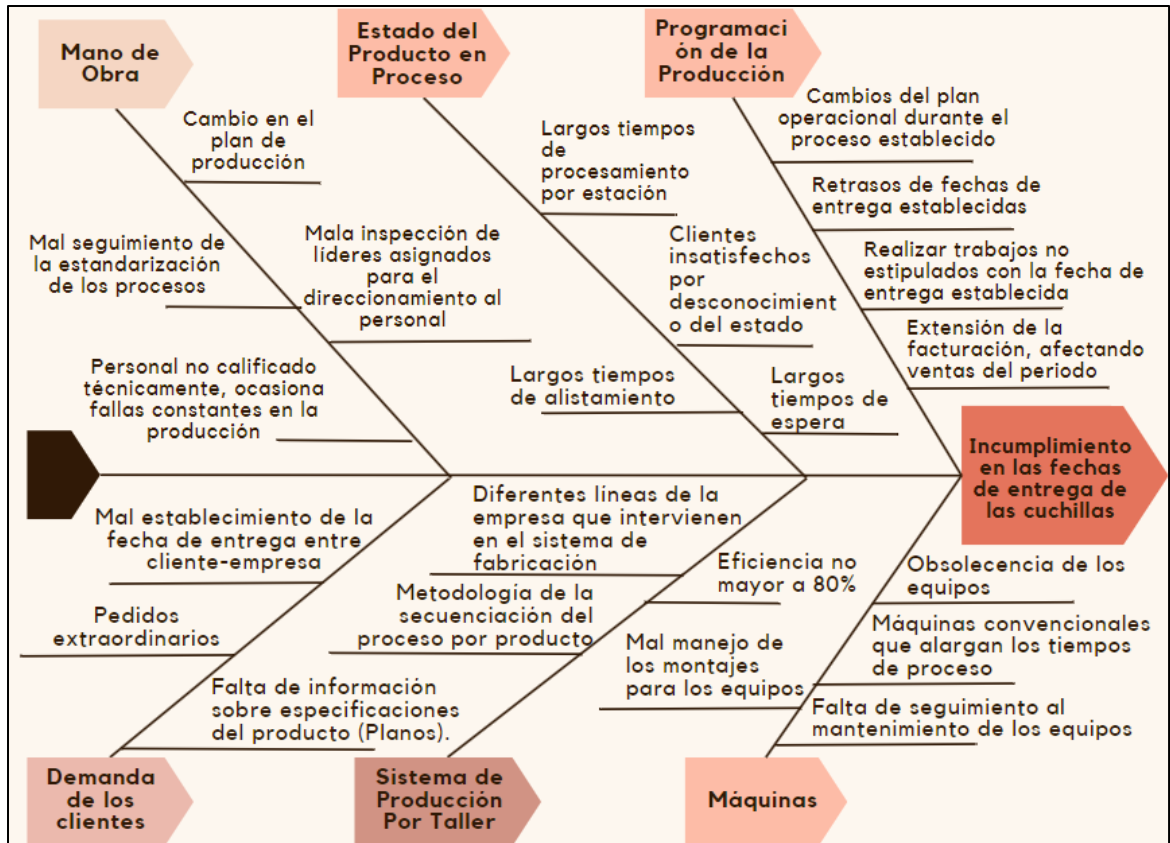


Fig. 17. Diagrama causa y efecto de la EMPRESA.[14]

En el encabezado del diagrama, se ubica el problema inicial del proyecto, cuya resolución eficaz es imprescindible para cumplir con los requisitos establecidos por los grupos de interés identificados en etapas anteriores. Por su parte, las espinas del diagrama se utilizan para clasificar las posibles causas en categorías relevantes, facilitando así la identificación y el análisis exhaustivo de las causas raíz y su relación con el incumplimiento de las fechas de entrega

En este sentido, el diagrama de causa y efecto adquiere un papel fundamental al momento de seleccionar una causa entre todas las identificadas, lo cual permite llevar a cabo la metodología de los "5 porqués". Esta metodología consiste en formular repetitivamente la pregunta "por qué" hasta alcanzar un total de cinco repeticiones o capas de análisis. Cada pregunta "por qué" se enfoca en indagar en las causas que han dado lugar al problema, profundizando gradualmente en las capas más significativas del análisis en lugar de limitarse a tratar los síntomas o causas inmediatas.

De este modo, se logra determinar de manera más precisa cuál es la causa más específica que requiere la dedicación y los esfuerzos del equipo de trabajo para abordar y resolver eficazmente la problemática inicial.

TABLA VI.

5 PORQUÉS

Pregunta	Respuesta
¿Por qué no se están cumpliendo las fechas de entrega de la cuchillas establecidas?	Porque los tiempos de espera entre procesos son altos.
¿Por qué los tiempos de espera entre procesos son altos?	Porque la programación de la producción es tardía.
¿Por qué la programación de la producción es tardía?	Porque el líder realiza la programación de manera visual y física.
¿Por qué el líder de producción realiza la programación de manera visual y física?	Porque no hay una forma de ver los estados de los productos durante el proceso.
¿Por qué no hay una forma de ver los estados de los productos durante el proceso ?	Porque no se ha diseñado un sistema en donde se pueda realizar una trazabilidad en tiempo real de los productos durante el proceso productivo.

Tras aplicar la metodología de los "5 porqués", se logró identificar la causa raíz que requiere la atención y esfuerzos del equipo de trabajo para su resolución, como se puede ver en la Figura 18. A partir de este análisis, se llegó a la conclusión de que la causa fundamental del problema reside en la falta de implementación de un sistema que permita visualizar el estado actual de los productos durante el proceso productivo.

Este hallazgo revela la necesidad de abordar la problemática planteada mediante acciones específicas y definir las mejores estrategias para resolverla. El equipo de trabajo se enfocará en determinar el qué y el cómo se deben realizar estas acciones, con el propósito de establecer un sistema eficiente que brinde visibilidad y seguimiento al estado de los productos en todas las etapas del proceso productivo. De esta manera, se busca mejorar la capacidad de monitoreo y control, optimizando así la calidad, la eficiencia y la gestión general de la producción.

Para complementación del análisis de causa, se realizó un estudio estadístico (Ver anexo 14), el cual llevó a cabo un estudio de correlación para demostrar la relación existente entre el tiempo de retraso y el tiempo de espera en el contexto del problema en estudio. Es importante recalcar que, por planeaciones de producción de la EMPRESA no se logró obtener una buena muestra de las causas que generan esos tiempos de espera, por ende, se tomó en cuenta para hacer en el análisis de correlación, los tiempos de espera en general.

A partir de los resultados obtenidos a través de la correlación, se establece una base sólida para comprender y cuantificar la relación entre el tiempo de retraso y el tiempo de espera, lo que a su vez contribuye a la toma de decisiones informadas y la implementación de estrategias efectivas de mejora. Estos hallazgos respaldan la importancia de reducir los tiempos de retraso para disminuir el tiempo de espera, optimizando así la eficiencia y el desempeño global del sistema o proceso en cuestión.

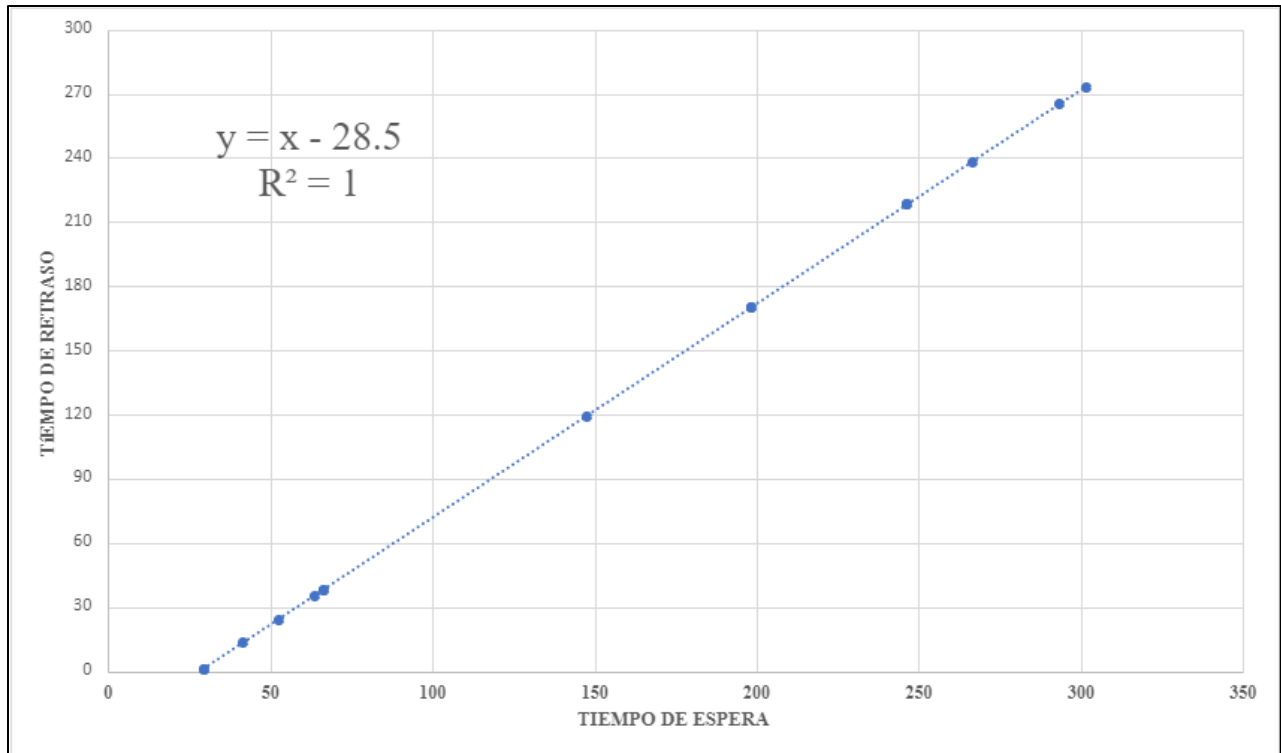


Fig. 18. Análisis de correlación TIEMPO DE RETRASO – TIEMPO DE ESPERA EN PROCESO.

Al observar la gráfica, se puede ver que los puntos se distribuyen en una forma general ascendente, sin embargo, es importante calcular el coeficiente de correlación, el cual cuantifica la cantidad de variación en la variable de respuesta y proporciona información sobre el grado en que el modelo puede explicar dicha variación. Este coeficiente varía entre -1 y 1, donde valores cercanos a -1 indican una correlación negativa fuerte, valores cercanos a 1 indican una correlación positiva fuerte, y valores cercanos a 0 indican una correlación débil o nula. El coeficiente de correlación que se encontró fue de $R = 0,964$, el cual sugiere una relación lineal positiva muy fuerte entre las dos variables. Dado que el coeficiente de correlación es positivo, se establece una relación directa entre el tiempo de retraso y el tiempo de espera, lo cual implica que a medida que el tiempo de espera aumenta, el tiempo de retraso también aumentará de manera consistente.

B. *Revisión de literatura*

La investigación académica desempeña un papel crucial en el estudio y aplicación de métodos propuestos para abordar problemáticas similares. Por lo tanto, se llevó a cabo una revisión literaria exhaustiva que abarcó investigaciones recientes, las cuales emplearon una variedad de métodos para llegar a soluciones adecuadas. Este enfoque permitió analizar los procesos de investigación utilizados y sus respectivas metodologías, con el objetivo de identificar los mejores aspectos y aplicarlos en el presente proyecto.

La revisión literaria se enfocó en recopilar información relevante sobre las diferentes aplicaciones de los métodos propuestos en investigaciones previas. Se examinaron detalladamente los enfoques adoptados, las herramientas utilizadas y los resultados obtenidos. Asimismo, se prestó especial atención a la efectividad de dichos métodos en la solución de la problemática planteada.

TABLA VII. DESCRIPCIÓN REVISIÓN DE LITERATURA

Tipo	Título	Autor (es)	Año	Industria	Objetivo	Método	Herramientas	Resultados	Aporte al Proyecto
Artículo [23]	Optimización de los procesos operativos mediante la teoría de restricciones en una empresa metalmeccánica	Ricardo Espin Guerrero, Byron Toalombo Rojas, Ángel Moyoloma Chaglla, Adriana Michel Altamirano Salazar	2022	Metalmeccánica	“Optimizar los procesos operativos mediante la teoría de restricciones (Theory of Constraints, TOC) en una empresa metalmeccánica dedicada a la elaboración de máquinas de procesamiento de madera” [23]	“Se consideró la producción de las siete máquinas de mayor demanda, tomando la información de la cantidad media mensual requerida según los pedidos de los dos últimos años. Se realizó un estudio de tiempos y se valoró los recursos disponibles para cuantificar la utilización de los puestos de trabajo. Se identificó la existencia de dos restricciones, en el corte con sierra de mano y en el torneado, con porcentajes de utilización de 111.82 y 105.11%, lo que implicó una incapacidad de cubrir la demanda mensual media” [23]	Se utilizaron las herramientas de teoría de restricciones (TOC) abarcando siete máquinas con demanda permanente y todos sus procesos operativos y restricciones aplicadas en los procesos de corte y torneado disminuyendo sus porcentajes de utilización. Además, la programación lineal entera (PLE) para determinar si el volumen de producción maximizado abastecía la demanda mensual y teniendo en cuenta todos los recursos disponibles [23].	“Se optimizó la producción, cubriéndose la capacidad requerida por la demanda e incrementándose la utilidad bruta en un 12.91%. También, se identificó la incapacidad de cubrir la demanda mensual media por porcentajes de utilización en procesos operativos específicos y el volumen de producción no abastecía la demanda mensual media estimada” [23]	Se abordan conceptos de restricciones de manera abundante, y esto influye en las metas de los KPI'S que se buscan obtener, planteando que se quiere diseñar una solución en condiciones ideales y aquí se integran detalles a tener en cuenta desde dicha perspectiva. Además, es una propuesta que se relaciona altamente con el sector de importancia y acota sus recursos para buscar una solución específica como lo requiere el proyecto.

Artículo [17]	Propuesta para la reducción de los tiempos improductivos en Dugotex S.A	Nataly Rodríguez Gordillo, Natalia Chaves Gómez, Paloma Martínez Sánchez	2014	Textil	“Plantear una propuesta para la empresa Dugotex S. A, que permita reducir los tiempos improductivos en la planta de tintorería de elásticos” [17]	“Se realizó un trabajo de campo durante 6 meses para recolectar e identificar las principales causas generadoras de los tiempos improductivos, y proponer planes de acción que contribuyan a su reducción” [17]	“Se determinan las principales causas generadoras de los tiempos improductivos en la planta de tintorería, apoyados en herramientas tales como diagramas de operaciones, organigramas de procesos, diagramas de Pareto y causa-raíz, entre otros” [17]	“Se generaron procedimientos estandarizados para la regulación de las operaciones de mayor impacto, tales como paso de muestras, alistamiento y limpieza de máquina, necesarias para el proceso, lo que proyectó una reducción de los tiempos improductivos en 27 % y un ahorro mensual de \$43.000.000.” [17]	Se evidencia una gran similitud con la forma de abordar el mismo problema, donde la estandarización de procesos le generó resultados importantes frente a la problemática.
Artículo [18]	Sistema de producción multilínea optimizado por PSO	Quezada Aguilar Víctor, Quezada Jose Carlos, Seck Tuoh-Mora Juan Carlos, Cuatrecasas Bravo Arturo	2020	Producción	“Encontrar la asignación de lotes para su procesamiento en las líneas de producción, que optimicen el tiempo total de procesamiento, así como el tiempo total de demora.” [18]	“Para lograr el objetivo se evalúan soluciones en un simulador del sistema productivo; la optimización de las funciones objetivo le corresponde al algoritmo PSO (Particle Swarm Optimization). La optimización se realiza primero para cada función objetivo y	En este caso se hizo uso de la simulación para calcular los tiempos de procesamiento de la línea y a su vez analizar el comportamiento de las causas y efectos del sistema. También se realizó una optimización con el método “Particle Swarm Optimization” PSO, el cual busca reducir los tiempos en	“El simulador del sistema de producción se evalúa y optimiza para cada una de las funciones objetivo de forma independiente y en forma conjunta a través de pesos Ponderados” [18] Se encontró la secuencia óptima y los menores tiempos de procesamiento	Se presenta otra forma de abordar la misma problemática, mediante la programación lineal, llegando a soluciones sustentadas en la optimización por PSO, con la ayuda de un simulador. Es importante tener en cuenta estas otras alternativas de solución.

						después para ambas considerando pesos ponderados. Los resultados muestran correlación en los valores de las funciones objetivo, sin embargo, la solución del óptimo de la función objetivo 1 no lo es para la función objetivo 2 y viceversa.” [18]	producción teniendo en cuenta todas las variables del sistema.	o con las dos funciones objetivos propuestas, gracias al simulador.	
Artículo [19]	Diseño de un sistema de información y control para la producción de productos conformes en una empresa metalmeccánica	Diseño de un sistema de información y control para la producción de productos conformes en una empresa metalmeccánica	2019	Metalmeccánica	“El presente trabajo de grado evidencia el desarrollo de un sistema de información para la programación de la producción y el mantenimiento preventivo para la reducción de productos no conformes y reprocesos en la empresa PROVEMEL LTDA. ” [19]	“A través, de dos heurísticas (SPT, LPT) y una metaheurística (TABÚ SEARCH) que permiten programar una secuencia de trabajos minimizando el makespan.” [19]	“A través, de dos heurísticas (SPT, LPT) y una metaheurística (TABÚ SEARCH)”, “El aplicativo fue desarrollado a través de la herramienta Visual Basic for Application de Microsoft Excel que facilitó la ejecución de una prueba piloto en la empresa durante seis semanas” [19]	“De esta manera al implementar la herramienta de programación de la producción incorporando una política de mantenimiento preventivo, la empresa logra reducir este margen significativamente, pasando de 46% y 64% de reprocesos en el mes de abril, a 29% y 20% en el mes mayo y finalmente llegar a 18% y 15% para las dos	Este caso de estudio se alinea con nuestro proyecto ya que La EMPRESA trabaja bajo un modelo Job Shop, ya que es estilo taller. Mediante esos sistemas de solución, nos sirve de guía para resolver los problemas de este proyecto.

								referencias fabricadas”	
Artículo [20]	Sistema de indicadores de gestión para pymes, sector metalmecánico	Cristina Viteri Sánchez, Jorge Viteri Moya, Edison Matute Déleg	2014	Indicadores de gestión para PYMES metalmecánicas en la ciudad de Quito. Se identificó el número de metalmecánicas para el estudio. Mediante análisis se conoció el funcionamiento de las empresas y se determinó qué áreas merecen ser permanentemente monitoreadas” [20]	“Se realizó un Diseño y propuesta de indicadores de gestión para las pequeñas y medianas industrias (pymes) metalmecánicas en la ciudad de Quito. Se identificó el número de metalmecánicas para el estudio. Mediante análisis se conoció el funcionamiento de las empresas y se determinó qué áreas merecen ser permanentemente monitoreadas” [20]	“Se establecieron objetivos y metas, estos fueron clasificados de acuerdo a las cuatro perspectivas del Cuadro de Mando Integral. Luego se procedió a determinar los indicadores que permitan medir el funcionamiento correcto de la estrategia a emplearse. Se propusieron 10 indicadores de gestión, de acuerdo al análisis de la realidad de las metalmecánicas. Se definieron 3 indicadores financieros, 2 indicadores enfocados al cliente, 3 indicadores para controlar los procesos internos y 2 direccionados a la perspectiva de formación y crecimiento” [20]	“Se emplearon herramientas como el análisis DOFA, entrevistas y reuniones con los gerentes de las empresas, cuyos resultados demandaron el planteamiento de una estrategia genérica, que abarcó la formulación de la misión, visión, y valores corporativos” [20]	“Se establecieron 10 indicadores de gestión en línea con los objetivos estratégicos establecidos. En la perspectiva financiera, se enfocó en reducir los costos de producción, aumentar la rentabilidad y mejorar el sistema de cobros. En cuanto a la satisfacción del cliente, se buscó ampliar la base de clientes y mejorar su nivel de satisfacción. En los procesos internos, se priorizó la estandarización de procesos, la implementación de planes de calidad y la reducción de los tiempos de entrega de los productos. Por último, en la perspectiva de	Este artículo nos brinda un análisis de algunos de los indicadores que cuenta este proyecto, para poder aprender a desarrollarlos adecuadamente y saberlos medir bajo los criterios indicados.

								aprendizaje y crecimiento, se consideró crucial el respaldo a la innovación y el desarrollo continuo del personal a través de la capacitación.” [20]	
Artículo [21]	Mejoramiento del proceso productivo para reducir tiempo de entrega en una empresa metalmeccánica.	María Isabel Jaramillo Elmer Payan Alejandro Castrilón	2020	Metalmecánica	Reducir los tiempos de entrega mejorando el proceso productivo.	Realizaron un plan de recolección detallado para identificar las condiciones actuales de desempeño del sistema	Herramientas Lean con 5's y VSM. Uso parcial de TPM	Lograron disminuir los costos extras por los que estaba incurriendo por la mala planeación de la producción.	Este artículo nos permite usar la metodología de recolección de datos. De esa forma identificar correctamente el problema del alto incumplimiento de los tiempos de entrega.

Artículo [22]	Propuesta de mejoramiento del proceso productivo en una empresa de transformadores eléctricos aplicando la filosofía lean	David Esteban Ruano, José Fernando Quintero	2019	Electrónica	“Presentar una propuesta de mejoramiento del proceso productivo en Atel SAS, con el fin de incrementar la producción de cuarenta y seis (46) transformadores al mes a partir del enfoque en la reducción de desperdicios.” [22]	“Se hizo un diagnóstico de la situación actual de la empresa por medio de un estudio de tiempos y una simulación. Los resultados permitieron el análisis de los tipos de desperdicios que se presentaban en el proceso productivo y se procedió a tomar medidas correctivas.” [22]	“El nuevo proceso contiene mejoras basadas en la filosofía Lean Manufacturing como Kanban, Poka-Yoke, TPM, con base en estudios VSM y AMEF.” [22]	“Llegando a una reducción significativa en tiempos improductivos y su efecto financiero, mejorando la productividad y rentabilidad de la empresa” [22]	Este artículo nos permite usar la metodología de estudio de tiempos. De esta manera obtenemos un análisis detallado de cada paso del proceso, desde el inicio hasta la finalización. Permitiendo identificar ineficiencias, cuellos de botella y oportunidades de mejora en el proceso.
---------------	---	---	------	-------------	---	--	---	--	---

Mediante esta revisión, se pudo adquirir un conocimiento más profundo y actualizado sobre las tendencias y avances en el campo de estudio relacionado con la problemática en cuestión. Además, se identificaron las limitaciones y desafíos comunes enfrentados en las investigaciones previas, lo cual permitió obtener una visión más clara de las posibles áreas de mejora. Este proyecto mediante diferentes métodos ha logrado identificar las posibles causas de la problemática, sin embargo, esto no quiere decir que sean los únicos modos de llegar a una solución del mismo problema, pero si es un acercamiento verídico y sustentado.

En los ejemplos anteriores algunos de ellos utilizaron métodos similares, que también los ayudaron a identificar la problemática, como hubo otros que tomaron rumbos distintos. Finalmente, los artículos propuestos son de gran ayuda para la investigación de posibles soluciones a una problemática similar, que también pueden complementarse entre sí.

C. *Exploración de ideas y selección de alternativa*

Después de haber realizado la revisión de literatura para brindar posibles herramientas y tener una visión más amplia del problema, desde el trabajo realizado por otros autores en diversas situaciones y relacionando el síntoma y la causa principal de este, se procede a una exploración de ideas detenidamente, empleando la metodología Disney con las etapas soñador, realista y crítica respectivamente. Donde por medio de una reunión con el equipo de trabajo, cada integrante se dedicó a brindar las ideas robustas y sin tener ningún tipo de limitaciones para alcanzar la innovación y la creatividad de manera directa en un tiempo corto y con la primera ocurrencia. También se consultó con varias personas de la empresa como el gerente, el jefe de producción y los mismos empleados del área de producción. Luego, se realizó un ejercicio de evaluación para dictaminar la posibilidad de que estas ideas establecidas se pudieran implementar y se llegaron a decisiones colectivas para entrar en la última etapa con ideas filtradas. Finalmente, esta abarca una serie de preguntas sólidas para comprender si las alternativas restantes cumplían con la capacidad de dar solución al problema que se tiene como caso de estudio.

Por otro lado, se diseñó una matriz de importancia de las cinco alternativas seleccionadas colectivamente, para ser evaluadas por medio de criterios de selección como se muestra en la Tabla VII, de acuerdo con ponderaciones asignadas por el grupo de investigación, y poniendo en relevancia la pauta de solucionar el problema, por lo tanto, la alternativa elegida, sería muy influyente respecto con la solución del problema de disminuir el incumplimiento en las fechas establecidas con el cliente.

Alternativa 1. Formato de producción con aplicativo “SCAN IT”

Como primera alternativa, se propone el diseño de formatos en una plantilla de Excel, en los cuales se registren los tiempos de espera en cada estación de trabajo, debido a que actualmente se desconocen las causas específicas dentro del sistema de producción, por las cuales el producto presenta altos tiempos de espera y esto se ve afectado en los tiempos de entrega pactados por el cliente. De esta manera, esto sería de gran utilidad, ya que ahorraría el trabajo de realizar la búsqueda de información histórica a la hora de tomar decisiones y, por otro lado, suministraría el cuello de botella del pedido para tomar un plan de acción inmediato, pues al saber en qué etapa se presentan los tiempos de espera más significativos y esto se encuentre documentado, es mucho más eficaz a la hora de realizar el análisis detallado de la problemática. También, esta sugerencia de mejora presenta bajos costos y sería fácil de comprender por cualquier operario de la planta en no más de 20 minutos y el proceso de registro del formato no tomaría más de 5 minutos, por lo tanto, es muy aplicable a la empresa y brindaría información detallada y rápida de las problemáticas que ocurran en el proceso productivo del sistema.

Alternativa 2. MES

Seguidamente, se presenta la alternativa de implementar el Software MES (Manufacturing Execution System), el cual se utiliza para gestionar, monitorear y controlar la producción en tiempo real. Este puede ser integrado con sistemas de control y recopilación de datos sobre productos específicos que avanzan en la línea de producción según se estipula. Adicionalmente, el sistema MES brinda información detallada y precisa acerca del estado de los productos, como lo es su ubicación, la etapa de producción del producto y su calidad respectiva.

Este sistema, se sincroniza de forma eficaz con la fábrica, logrando altos niveles de productividad y garantizando una capacidad de respuesta inmediata de acuerdo con la demanda que exige el mercado, sin embargo, este a su vez requiere datos precisos y accesibles para manipular a partir de la planta de producción, ya que cumple funciones como conexión, supervisión y control de sistemas de fabricación complejos.

Presenta una alta disponibilidad de recursos económicos, ya que contribuye altamente al concepto de industria 4.0, requiriendo sistemas de control y adquisición de datos (Sistema SCADA) para gestionar y controlar equipos utilizados en la producción. También, se tiene en cuenta el factor de planificación de recursos empresariales (ERP), el cual transfiere información acerca del rendimiento de la producción y el consumo de materiales. Por lo tanto, no se trata únicamente de adaptar el sistema a la planta, sino capacitar adecuadamente a todos los operarios para el manejo de este nuevo sistema y una inversión alta de tiempo para reestructurar la forma de trabajo en la EMPRESA.

Alternativa 3. Diseño de experimentos para sistema de producción (DOE)

Esta alternativa, conlleva una solución desde el punto de vista de toma de decisiones en un enfoque más analítico, ya que el diseño de experimentos permite el análisis de factores influyentes y significativos en el proceso de producción, donde los tiempos de espera son un pilar relevante para explicar el comportamiento del incumplimiento en la entrega de cuchillas de la empresa.

Lo anterior, es enfocado para el sistema de producción, ya que, aunque los productos sean variados y se produzcan bajo el sistema de *make to order*, se tienen en cuenta todas las variables independientes que posiblemente influyen en la variable de respuesta (Indicador de incumplimiento de fechas de entrega pactadas con el cliente) y hacer un análisis crítico de la situación para captar factores de ruido, recomendaciones a tener en cuenta de manera permanente y mantener estas controladas, ya que la empresa puede observar si la variable de respuesta se encuentra en las especificaciones establecidas y si no lo está, entonces esta debe tomar acciones correctivas inmediatas de acuerdo con las variables independientes que estarían afectando el modelo, su explicación porcentual y los posibles errores sistemáticos y humanos cometidos en el proceso de producción de cuchillas. Además, es una alternativa viable en cuanto tiempo y en costos, ya que se puede realizar en la herramienta de Excel y puede ser modificada por cualquier operario capacitado en cualquier momento o si se necesita de un nuevo análisis.

Alternativa 4. AIDC

Para la cuarta alternativa, se recomienda llevar a cabo un sistema de identificación automático y de captura de datos (AIDC), el cual utiliza tecnologías como códigos de barras, etiquetas de identificación de radiofrecuencia o códigos QR para la identificación y el rastreo de los productos que se encuentren en línea de producción. Este Software se encontraría asociado con tecnologías de lectura y registro de la información de los productos, con el fin de identificar su estado y ubicación actual. Sin embargo, esta opción tomaría más tiempo que cualquiera de las demás, ya que este sistema exige requisitos tangibles de implementación adicional a los productos, como lo son los mecanismos de lectura y registro, por lo tanto, adaptar toda la planta a esta indicación puede tomar más tiempo de lo esperado. Por otro lado, la capacitación a operarios no iría destinada únicamente al uso del Software, sino a otras herramientas tangibles en cada estación de trabajo como lo son los objetos de rastreo de cada producto para identificar información verídica de la producción, además, esta exigiría un nivel más elevado de costos, ya que requiere de mayor cantidad de herramientas para poder ejercerla.

Alternativa 5. Sistema propio del equipo de investigación con La EMPRESA

Finalmente, la última propuesta sugerida, consiste en ejecutar un sistema de planificación de la producción, y que sería una herramienta muy útil para el líder de producción que le facilitaría el diseño y la optimización de la planificación y programación de la producción en la empresa. Además, tiene el control de la gestión de recursos importantes de manera eficiente, asignación de tareas, tiempos y todo lo requerido para cumplir los objetivos de producción planteados por la empresa de manera efectiva.

Este sistema, brindaría información muy concreta a la empresa para conocer otras posibles causas que contribuyen mayoritariamente al problema y lograría entender en cuestión de detalles en cuanto a la gestión de espacio, flujo de materiales, cantidad de productos según la demanda, actividades, movimientos, tiempos muertos, tiempos de alistamiento y demás factores que conllevarían al análisis de alternativas específicas, su respectiva evaluación y selección y concluyendo su ejecución para detallar resultados como posible solución al problema. Adicionalmente, cambiaría notablemente desde el punto de vista técnico para los operarios, lo cual sería una situación complicada en términos de tiempo de aprendizaje y reestructuración de algunos pilares de la empresa. En términos de costos existe un balance más directo respecto a las demás alternativas, ya que se puede trabajar en la mejora de recursos existentes y la reducción de los tiempos de espera tendría resultados muy positivos, ya que la metodología es muy específica a la hora de analizar detalladamente un conjunto de objetos que hacen parte de un esquema general, el cual un paso abastece al siguiente.

TABLA VIII. MATRIZ DE CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Criterio	Porcentaje de importancia	Alternativas				
		Formato de Producción con aplicativo "SCAN IT"	MES	Diseño de Experimentos para sistema de producción (DOE)	AIDC	SLP
Operarios	0,1	5	5	4	3	3
Costos	0,25	5	1	5	1	5
Tiempo	0,25	5	2	5	1	2
Reducción de tiempos de espera	0,4	3	5	4	5	3
Puntaje global		4,2	3,3	4,5	2,8	3,3
Decisión		X		X		

La matriz de criterios se diseñó por parte del grupo de investigación, para evaluar las cinco alternativas establecidas a partir de la metodología Disney, y después de comprender el funcionamiento de cada uno y un análisis directo para contemplar ventajas y desventajas de manera colectiva, se procedió a asignar un valor de ponderación a cada uno de los criterios de mayor a menor importancia, por lo cual, esto reflejaría la alternativa seleccionada para implementar en la empresa.

De la misma manera, el criterio que abarca la causa raíz del problema fue la que obtuvo el mayor porcentaje de asignación, ya que es muy significativo, encontrar una alternativa que reduzca los tiempos de espera como objetivo principal, por lo tanto, su porcentaje fue del 40%. Seguidamente, se consideró que, el tiempo de ejecución de la alternativa, implementación, planificación y resultados, tienen el mismo peso de relevancia que los costos, pues es necesario obtener una propuesta en la que los costos no sean lo más elevado, pero a su vez el tiempo de emplear la mejora no sea tan prolongado, para así observar resultados de una manera más eficaz. Por último y no menos importante, los operarios se les asignó una influencia del 10%, porque estos no son del todo partícipes de que la alternativa obtenga los mejores resultados, sin embargo, son mediadores de aplicar en todo momento la decisión tomada por la empresa y lo que trae consigo de ahora en adelante como plan de mejora estipulado para la ejecución y la solución del problema raíz.

Finalmente, se le dio una calificación a cada alternativa respecto a cada criterio tenido en cuenta, con una escala del 1 al 5, siendo 1 una opción de viabilidad baja y 5 una opción de viabilidad alta, con respecto a la influencia del criterio con la sugerencia, para la aplicación de esta en la empresa. Para lo cual, la decisión que se tomó fue de emplear la alternativa del formato de producción con el aplicativo “Scan It” en la empresa como solución del problema de incumplimiento en las fechas de entrega de las cuchillas, pactadas con los clientes.

D. Objetivos

Con respecto al desarrollo del proyecto de diseño se proponen los siguientes objetivos para tener el plan de trabajo claro y saber las actividades que se van a ejecutar y alcanzar con los resultados esperados.

Objetivo General

- Diseñar un formato de producción acompañado del aplicativo “Scan It” para centrarse en los factores más influyentes en el incumplimiento, que dirija la toma de información para ver el estado de los productos, con el fin de reducir los tiempos de entrega de las cuchillas.

Objetivos específicos

- Identificar las variables y factores clave que ejercen mayor influencia en los tiempos de retraso en el proceso de producción, mediante análisis estadísticos y de datos para identificar patrones y relaciones, permitiendo determinar las principales fuentes de demora.
- Diseñar el formato de producción en el aplicativo “Scan It”, centrado en los factores más influyentes, para el monitoreo en tiempo real del estado de los productos.
- Evaluar la viabilidad de la solución propuesta mediante una prueba piloto, analizando tanto el estado actual como el propuesto, utilizando indicadores de desempeño y métricas financieras para medir su eficiencia y potencial impacto.

E. Plan de trabajo (PdT)

TABLA IX. PLAN DE TRABAJO

Objetivo	Área IISE	Herramientas de Ingeniería Industrial	Actividad	Entregable (alcance)	Fecha entrega
Analizar el estado actual de los tiempos de espera del proceso por medio de herramientas estadísticas.	Work design and measurement	Ingeniería de métodos	Medir los tiempos de proceso, tiempos de alistamiento y tiempos de espera del proceso de fabricación de cuchillas industriales. Actividad 1	Diagrama de flujo, diagrama de recorrido	04/08/23
	Quality & Realizability engineering	Estadística	Identificar las causas de Los altos tiempos de espera y de alistamiento. Actividad 1.1	Gráfico Pareto/ gráfico de control	04/08/23
	Quality & Realizability engineerin	Estadística	Identificar cuáles son las variables que aumentan los tiempos de proceso. Actividad 1.2	Gráfico de control	04/08/23
Evaluar las alternativas de solución con el análisis multicriterio, teniendo en cuenta las restricciones y requerimientos de los grupos de interés.	Engineering economic analysis	Investigación de operaciones II	Realizar el análisis multicriterio para evaluar las alternativas de solución propuestas. Actividad 2	Matriz AHP	28/07/23
	Simulation/ Methods engineering	Simulación / Ingeniería de métodos	Realizar prueba piloto de la alternativa y sus tiempos de procesamiento. Actividad 2.1	Metodología usada/ Tabla de tiempos de procesamiento	12/07/23
Validar la propuesta a través de una prueba piloto comparando los escenarios actuales y los propuestos mediante los indicadores de desempeño.	Engineering economic analysis	Ingeniería Económica	Analizar la viabilidad de la alternativa financieramente. Actividad 3	Análisis financiero de la alternativa	28/07/23
	Systems Design & Engineering	Estadística	Comparar la situación actual con la mejorada, teniendo en cuenta la tabla de KPI's. Actividad 3.1	Tabla de KPI's	15/07/23

--	--	--	--	--	--

V.MEJORAR

A. Desarrollo del diseño de la solución

Para abordar esta problemática, se diseñó un formato de producción en la herramienta Microsoft Excel (Ver anexo 20) como estructura para registrar todos los datos necesarios de un proceso productivo de un lote de cuchillas cualquiera. Sin embargo, esta información debe ser enviada por el operario a través de un dispositivo móvil que está conectado en tiempo real con dicho formato, ya que Excel cuenta con anexar Scan It como una herramienta adicional para trabajar desde cualquier dispositivo. Aquí, se diseñó por medio de Scan It (Ver anexo 25) las entradas del formato de producción para que al llenar cada espacio este fuera registrado en la hoja de Excel, la cual está programada para calcular los indicadores de desempeño y conocer el estado del producto en cualquier momento por cualquier empleado de la planta. Esto se logra por medio de códigos QR generados por el aplicativo para cada lote del producto en específico, de esta manera se debe adherir este código al producto para registrar en el formato de producción la información necesaria (Característica, aspecto, informe, queja, reclamo u obstáculo) y conocer el estado del producto, así el incumplimiento en los tiempos de entrega disminuye significativamente.

Adicionalmente, el formato de producción con aplicativo Scan It, se basó de una herramienta estadística con un enfoque basado en la identificación y corrección de las causas que generaban incumplimiento en las entregas, pues dicha herramienta brinda las condiciones de mejora del proceso de las cuchillas de acuerdo con el funcionamiento actual de la empresa en su producción. Por lo tanto, en primer lugar, se estableció un formato específico (Ver anexo 17) en colaboración con el equipo de producción y su asistente para realizar ajustes en las causas cada vez que se producía una demora. Este enfoque permitió una intervención inmediata y constante en el proceso para abordar las demoras en tiempo real. Tras un período de un mes de recopilación de datos (Ver anexo 17), se realizó un análisis profundo de los mismos. El resultado de este análisis se visualizó a través de un gráfico PARETO (Fig. 20), que permitió identificar de manera clara las causas subyacentes más frecuentes y críticas que generaban tiempos de espera prolongados.

El resultado de este análisis mostró que la principal causa de los retrasos en la entrega de productos estaba relacionada con la falta de una planificación adecuada. Esta causa fue seguida de cerca por el desconocimiento del estado de los productos en el proceso. Estos hallazgos se convirtieron en parámetros clave para la implementación de un Diseño de Experimentos (DOE) con el objetivo de abordar estas cuestiones de manera efectiva. El DOE se inició mediante la creación de una matriz de criterios que consideraba los aspectos esenciales de la operación. En este contexto, se optó por el enfoque factorial (Ver anexo 18) para estudiar los factores más influyentes en el proceso productivo de las cuchillas. El objetivo principal del DOE era reducir los días de retraso entre procesos, lo que se convirtió en un indicador clave para destacar los síntomas relacionados con los tiempos de espera elevados. Se debe tener en cuenta que se utilizó una variable de respuesta que representaba los días de retraso en la entrega de productos. Este valor podía ser negativo, indicando que se entregaban con retraso después de la fecha acordada con el cliente, o positivo, reflejando que se cumplía con la entrega antes de la fecha límite.

El DOE se centró en tres factores principales:

Tipo de Planeación (con 3 niveles): Prioridad por Entrega, Prioridad por Cliente y Prioridad por Tiempo de Proceso. Estos enfoques de planificación se destacaron como estrategias clave para priorizar las órdenes de producción. La priorización incluyó la entrega de órdenes de clientes influyentes en los ingresos de la organización, así como la consideración de los tiempos de producción según las fichas técnicas y los estándares establecidos.

Estado del Producto (con 3 niveles): No Iniciado, Parada y En Proceso. La observación directa en la planta reveló que los empleados a cargo de la producción no tenían información sobre el estado de los productos en ninguna etapa, lo que generaba incertidumbre y dificultades para informar a los clientes sobre la ubicación y razón de los retrasos.

Etapa del Producto (con 4 niveles): Planeación Inicial, Corte, Mecanizado y Afilado. Cada una de estas etapas era crucial en el proceso de producción de las cuchillas. Se identificó que la planeación inicial y la etapa de afilado eran áreas críticas que podían causar retrasos significativos si no se abordaban adecuadamente.

Una vez que se definieron los factores clave para el DOE, se llevó a cabo el cálculo de las corridas necesarias, considerando todas las combinaciones posibles de los factores A, B y C con tres réplicas por cada combinación. Esto resultó en un total de 108 mediciones que se realizaron durante un período de aproximadamente tres meses. Dado que la empresa operaba bajo el sistema "make to order," se seleccionaron productos y clientes al azar para medir y registrar todos los factores relacionados con A, B y C, creando así la matriz que sirvió como base para llevar a cabo el DOE factorial (ver Figura 19). Este enfoque en la medición rigurosa y la aplicación de técnicas estadísticas permitió abordar de manera más precisa y efectiva los desafíos relacionados con los tiempos de espera entre procesos en la empresa, donde la variable de respuesta es el tiempo de retraso de los productos evaluados en días.

Causa: Tiempo de retraso (Días) (-) Retrasado (+) Vigente									
Factor A: Tipo De Planeación									
Factor C: Etapa	Prioridad de Entrega			Prioridad Por cliente			Prioridad Por Tiempo de Proceso		
	Factor B: Estado del producto			Factor B: Estado del producto			Factor B: Estado del producto		
	No iniciado	Parada	En proceso	No iniciado	Parada	En proceso	No iniciado	Parada	En proceso
1. Planeación inicial									
2. Etapa de corte									
3. Etapa de Mecanizado									
4. Etapa de afilado									

Fig. 19. Factores y Variable de Respuesta para el Tiempo de Retraso de los Productos.

Posteriormente, los resultados obtenidos, con un nivel de confianza del 95%, corresponden a que todos los factores aportan significativamente, ya que se encuentran por encima del valor crítico 1,993 en la fig.20. Sin embargo, el Tipo de Planeación (Prioridad Entrega, Cliente y Tiempo) es el que más influye en el modelo, donde la barra más alta es corresponde a la mala planeación que se realiza en los productos (Ver fig. 20). Adicionalmente, el R-Cuadrado ajustado explica la variación de los Días de Retraso, donde se obtuvo que el 61,47% de su variación está siendo explicada por el modelo, pero el 38,53% restante es debido a otros factores no incluidos en la medición (Falta de materia prima, Calidad de los productos, Mantenimiento de máquinas o Demanda) (Ver Fig. 21).

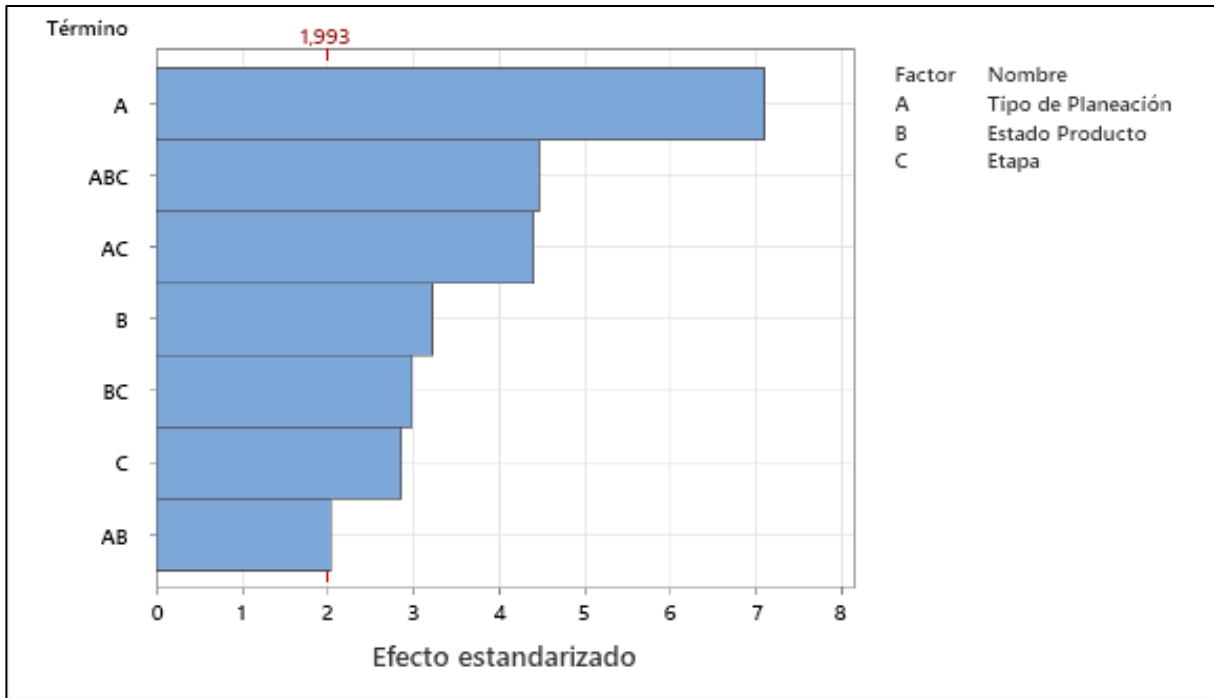


Fig. 20. Efectos estandarizados y causas más influyentes por el DOE

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
11,0412	74,08%	61,47%	41,67%

Fig. 21. Resumen del modelo DOE

Por otro lado, se obtiene con un nivel de confianza del 95%, que todos los Valores-P son menores al nivel de significancia ($\alpha = 0,05$), lo que quiere decir que todos los factores y sus interacciones aportan significativamente a la variación de los Días de Retraso de cualquier producto. A partir del valor estadístico o prueba de F-Fisher, se determinó que el factor que más aporta e influye en la variación de los Días de Retraso es el Tipo de Planeación (F-Fisher = 28,58); los otros dos factores aportan en menor grado a la variación de los Días de Retraso en comparación con el tipo de planeación, de igual manera son significativos. Adicionalmente, la interacción triple entre los factores A, B y C al tener un P-Valor = 0,000, se puede afirmar que existen diferencias significativas en los Días de Retraso al variar los diferentes niveles de cada uno de los factores, lo que quiere decir, que los factores afectan en conjunto el comportamiento de la variable de respuesta cuando son incluidos los tres al mismo tiempo (Ver Fig. 22).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	35	25080	716,6	5,88	0,000
Lineal	7	10310	1472,9	12,08	0,000
Tipo de Planeación	2	6969	3484,5	28,58	0,000
Estado Producto	2	1671	835,4	6,85	0,002
Etapa	3	1671	556,8	4,57	0,006
Interacciones de 2 términos	16	8296	518,5	4,25	0,000
Tipo de Planeación*Estado Producto	4	1252	313,1	2,57	0,045
Tipo de Planeación*Etapa	6	4437	739,6	6,07	0,000
Estado Producto*Etapa	6	2607	434,5	3,56	0,004
Interacciones de 3 términos	12	6473	539,4	4,42	0,000
Tipo de Planeación*Estado Producto*Etapa	12	6473	539,4	4,42	0,000
Error	72	8777	121,9		
Total	107	33857			

Fig. 22. Análisis de Varianza del modelo DOE.

A partir de la figura 23, se observa que el factor Tipo de Planeación tiene un impacto significativo en los días de retraso. La prioridad por cliente genera un alto retraso en promedio de -15 días, cabe destacar que cuando la variable de respuesta (Días de Retraso) no depende del signo para su explicación, pues lo ideal es que el análisis muestre el retraso evidente (En el DOE hay retraso de -15 días y en los KPI's este se muestra como 15 días de retraso); mientras que la prioridad de entrega reduce significativamente los retrasos, manteniéndolos en un rango de -5 a 0 días. La planificación por prioridad de tiempo es la más favorable, con una variación de 0 a 5 días, lo que representa satisfacción, pero requiere precaución debido a su proximidad a posibles retrasos. En cuanto al factor Estado del Producto, los productos en proceso no presentan retrasos, con una variación de 0 a 5 días. Sin embargo, se deben tomar medidas preventivas ya que se acercan a posibles retrasos. Los productos que no han comenzado tienen un retraso promedio de -5 días, y cuando los productos están parados, el retraso es más pronunciado, oscilando entre -10 y 5 días, lo que representa una situación compleja para la empresa.

Por último, el factor Etapa del Producto destaca que la etapa de Afilado genera un retraso promedio de aproximadamente -10 días, siendo una preocupación importante. La etapa de corte es la más eficiente, con retrasos de 0 a -5 días en promedio, pero se debe ser diligente debido a su proximidad a retrasos. En la etapa de mecanizado, se observa un retraso, con un promedio de 0 a -5 días en promedio, que requiere atención. La etapa de Planeación Inicial se identifica como un cuello de botella significativo en el proceso de producción de las cuchillas, con un promedio de retraso de -10 a -5 días. El retraso en esta etapa tiene un efecto dominó en las etapas posteriores, lo que resulta en retrasos significativos en la finalización y entrega del producto.

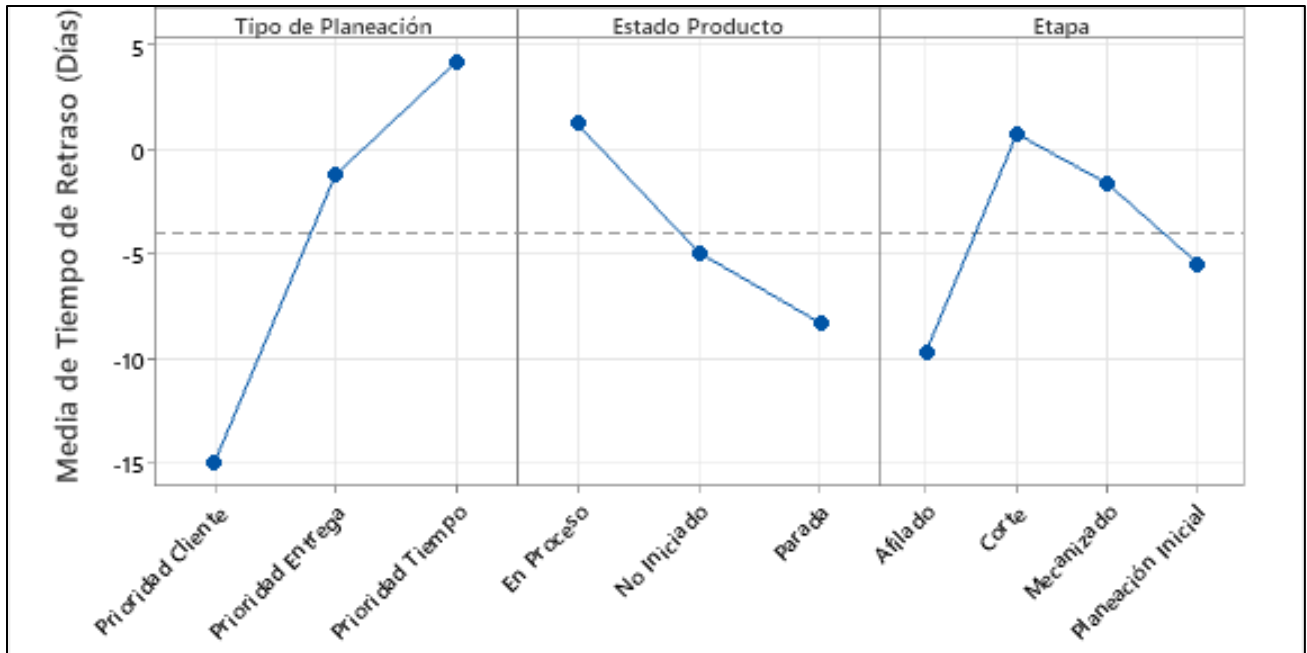


Fig. 23. Análisis POST-ANOVA del DOE factores individuales.

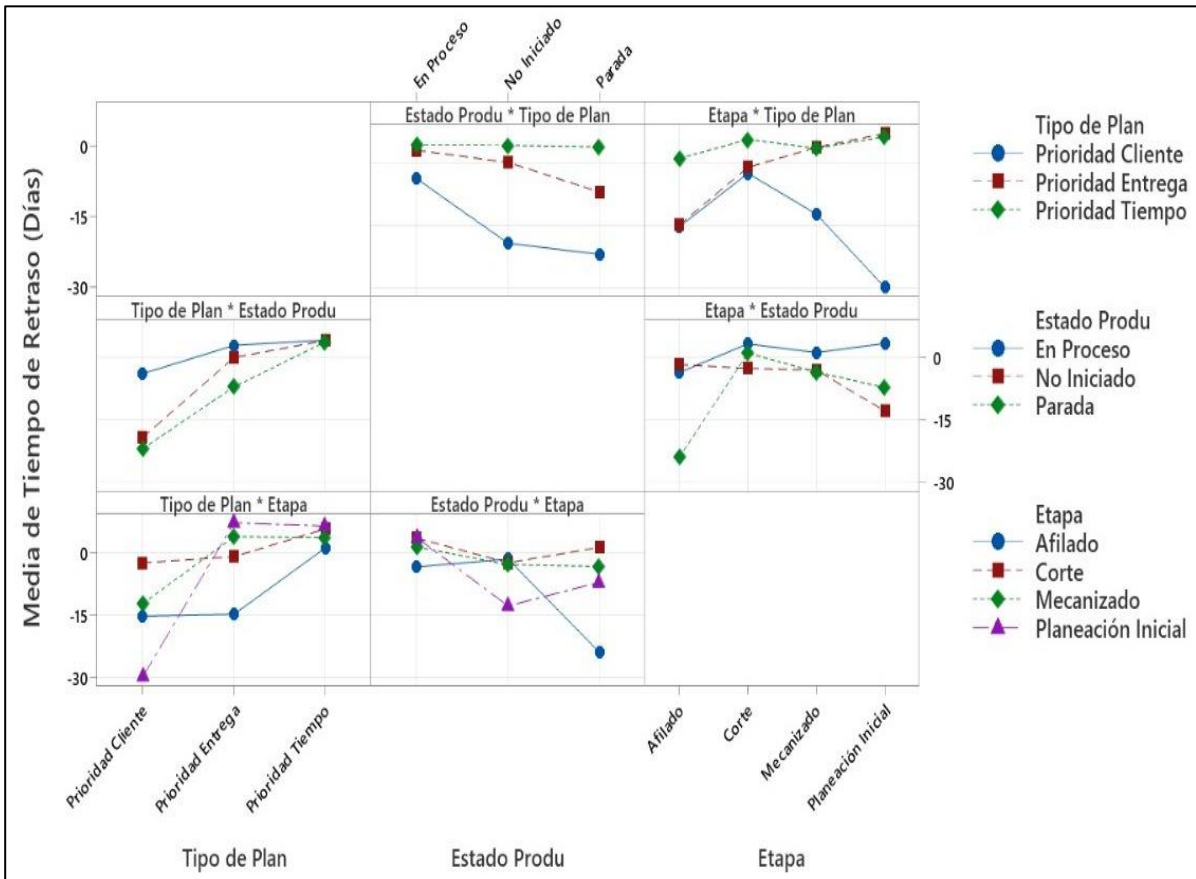


Fig. 24. Análisis POST-ANOVA del DOE todos los factores

Para el análisis POST-ANOVA final se comprueba que los 3 factores influyen significativamente en los días de retraso, donde el factor Tipo de Planeación es el más relevante en su variación y seguidamente lo son el Estado del Producto y la Etapa del producto respectivamente.

Inicialmente, el factor más influyente es el tipo de planeación si se da por prioridad de entrega, cliente o tiempo de proceso. Al realizarse por tiempo de proceso, no existe retraso ni por el estado del producto y tampoco por la etapa en la que se encuentre, por lo tanto, es una señal positiva pero que no se debe dejar de lado para contribuir al retraso de los productos por este efecto. Si se da prioridad por entrega al producto, comienzan a suceder variaciones en los días de retraso, exactamente en las etapas de afilado y corte, donde los productos están en los estados de no iniciado y parada. Finalmente, si la prioridad de planeación es por cliente, se nota un aumento significativo en los días de retraso, en el cual todos los estados contribuyen a su variación, pero es mayoritario cuando no se ha iniciado y si el producto está parado. Además, los días de retraso se maximizan cuando el producto está en planeación inicial y mecanizado, pero no se debe omitir el retraso generado por las etapas de corte y afilado. De esta manera, la mejora debe enfocarse en el tipo de planeación por prioridad por cliente, ya que existen muchas fallas que aumentan los días de retraso.

Por otra parte, en el estado del producto, el mayor número de días de retraso se presenta por las paradas de los productos en la etapa de afilado, corroborando el problema principal que sugiere el DOE, el cual es cuando los productos están parados y están afectando excesivamente los días de retraso. Por lo tanto, se debe controlar por medio del tipo de planeación a emplear y disminuir las causas por las cuales están ocurriendo paradas durante el proceso de producción. También, la etapa de planeación inicial, cuando se le da prioridad por cliente, hay una alta cantidad de retrasos y se confía en que se está ejerciendo esta prioridad, pero en realidad no está sucediendo porque el proceso productivo se retrasa y se evidencia un problema de planeación por cliente para todas las etapas y todos los estados del producto.

Por último, en la TABLA X, se pueden observar las mejores condiciones del proceso para minimizar los días de retraso, lo cual está ligado a la TABLA VI de los indicadores de desempeño, donde se tiene como meta entregar el producto en 3 días hábiles de retraso como máximo.

TABLA X. MEJORAS DE CONDICIONES DEL PROCESO

Tipo de Planeación	Estado del Producto	Etapa del Producto	Días de Retraso
Prioridad por Entrega	No Iniciado y Parada	Afilado y Corte	0 - 3 días
Prioridad por Clientes	No Iniciado y Parada	Todas	0 - 3 días
Prioridad por Tiempo en Proceso	Prevención en Todos	Prevención en Todas	0 - 3 días

TABLA XI. DISEÑO PARA EL CUMPLIMIENTO DE RESTRICCIONES

Alternativas de solución	Restricciones asociadas	Diseño o modelo	Legislación y requisitos aplicables
Diseño de Experimentos	<ul style="list-style-type: none"> Determinación de la causa de los retrasos en los tiempos de entrega Análisis estadístico 	<ul style="list-style-type: none"> Diseño factorial Supuestos ANOVA Análisis de efectos significativos Análisis POST-ANOVA de medias ajustadas Supuestos del diseño 	<ul style="list-style-type: none"> Especificaciones Internas
Aplicativo Scan-It + Formato	<ul style="list-style-type: none"> Trazabilidad del producto en la línea de producción Reducción de tiempos en la planeación de producción Automatización de datos 	<ul style="list-style-type: none"> Formato para el aplicativo Formato para el Excel (donde se ingresan los datos del aplicativo) 	<ul style="list-style-type: none"> Especificaciones Internas Ley 603 del 2000 Ley 1341 del 2009

B. Validación del diseño propuesto

El producto de estudio es desarrollado por la empresa en función de las necesidades específicas de los clientes, y su producción no se realiza con la frecuencia requerida por el equipo de trabajo para disponer de la información en el momento oportuno. Así que, utilizando la metodología DOE y las conclusiones presentadas, se llevó a cabo una toma de muestras en la línea de producción con el respaldo del líder de fabricación y un formato específico diseñado para el muestreo previo a la realización de la prueba piloto (Ver Anexo 21). Los indicadores de este proceso se encuentran detallados en la Tabla XII, y muestran el desempeño de esta primera alternativa, siguiendo únicamente las directrices del DOE.

Una vez completada la toma de muestras, el grupo de trabajo procedió a afinar la aplicación, preparándola para su uso en la prueba piloto. Se diseñó el formato interno de registro y se llevaron a cabo múltiples ensayos con el fin de verificar que se capturara de manera adecuada toda la información necesaria, y para determinar la forma en que el código QR se desplazaría a lo largo de la línea de producción.

En colaboración con el equipo y el líder de trabajo, se llegó a la conclusión de que lo más conveniente sería crear un código QR único para cada producto, el cual se imprimiría en la orden de servicio, que acompaña el producto a lo largo de su trayecto por la línea de producción, desde su inicio hasta su finalización. De esta manera, se garantizaba que el producto pasara por todas las estaciones de trabajo y que se llevara a cabo un registro efectivo en cada etapa del proceso.

Luego de proponer las mejores condiciones para reducir los tiempos de retraso de los productos de la Empresa (Ver TABLA IX), fue de suma importancia y parte de los objetivos llevar a cabo una prueba piloto y su respectiva validación para verificar la mejora desde la implementación de la herramienta propuesta. En este caso, debido a que el aplicativo realiza un análisis más detallado de los tiempos y la demanda del producto estrella de la empresa limitó la ejecución de más de un muestreo, se midieron de manera global, obteniendo un único dato de las variables de tiempo de proceso total, tiempo de espera entre procesos total y tiempo de entrega (Retraso), por lo tanto, realizar un análisis estadístico inferencial no fue posible. Sin embargo, para marcar el antes y el después partiendo de la etapa medir, seguidamente la muestra antes de la mejora y finalmente la prueba piloto; se remarcó la mejora en un gráfico de líneas, por medio de estadística descriptiva, para acentuar las variaciones que dan cuenta notable de la mejora y se validaron los indicadores de desempeño en su totalidad (Ver Fig. 25).

Por otro lado, al implementar el aplicativo en la empresa, el tiempo de espera entre procesos total fue disminuido en un 52,97% de la prueba antes de la mejora a la prueba piloto, teniendo en cuenta que ya había sido reducido. Pero, lo más importante de esto se refleja en el tiempo de entrega, el cual obtuvo una disminución del 124,16%, algo muy positivo y que demuestra que la prueba piloto fue efectiva en sus resultados, alcanzando la posibilidad de no generar incumplimiento al cliente, pues este tiempo fue de -2,53 días hábiles, lo que indica que se entregó antes del tiempo pactado con el cliente y adicionalmente los tiempos de proceso totales se mantuvieron acertadamente sin tener variación alguna entre la prueba antes y la prueba piloto. Lo anterior detalla que la empresa tiene sus procesos correctamente estandarizados nuevamente y se generó una mejora sin dañar otras partes que se pretendían mantener controladas y que no fueron una problemática para la empresa en ningún momento.

TABLA XII. RESUMEN DE VARIACIONES PARA VALIDAR EL DISEÑO

Corte	Pulido	Tratamiento Térmico	Afilado	Encabado	Tiempo de Proceso Total	Tiempo de espera total (Se incluyen tiempos de alistamiento y subprocesos)	Tiempo de entrega (Retraso)
Tiempo de Procesamiento por Estación de Trabajo (Minutos) - Etapa Medir							
8,93	16,03	93,20	240,00	840,00	2,50 Días Hábiles	40 Días Hábiles	15 Días Hábiles
Tiempo de Procesamiento por Estación de Trabajo (Minutos) - Prueba Antes de la mejora							
8,79	15,58	94,05	239,04	853,79	2,52 Días Hábiles	36,51 Días Hábiles	10,47 Días Hábiles
Tiempo de Procesamiento por Estación de Trabajo (Minutos) - Prueba Piloto							
8,74	15,77	93,71	238,53	853,32	2,52 Días Hábiles	17,17 Días Hábiles	-2,53 Días Hábiles
Comparación (Prueba Antes de Mejora VS Medir)							
-1,57	-2,81	0,91%	-0,40%	1,64%	0,80%	-8,73%	-30,20%
Comparación (Prueba Piloto VS Prueba Antes de la Mejora)							
-0,57%	1,22%	-0,36%	-0,21%	-0,06%	0,00%	-52,97%	-124,16%

De este modo, en la Fig. 25, se puede observar que los indicadores de desempeño corresponden individualmente a cada una de las etapas del proyecto (Medir, Antes de la mejora y Prueba piloto) y en la Tabla XI los valores de variación obtenidos al comparar la prueba antes de la mejora con la etapa medir y la prueba piloto con la prueba antes de la mejora. Seguidamente, al analizar el primer indicador (Tiempo de espera total) hay una disminución del 8,73% desde el muestreo de la primera etapa a la prueba antes de la mejora, lo que señala que no hay un cambio significativo antes de aplicar la mejora y hay altos tiempos de espera entre procesos. A su vez, el tiempo de entrega correspondiente al segundo indicador disminuye al reducir los tiempos de espera, pero se continúa incumpliendo a los clientes y la necesidad de que este sea aún menor. También, el tiempo de proceso total se mantuvo como se había planteado y esto dio cuenta de la correcta estandarización de la empresa en los procesos productivos de cada área de trabajo sin tener en cuenta los tiempos de espera.

Asimismo, se demostró que los cuchillos calientes pese a tener altos tiempos de espera entre procesos y un alto tiempo de retraso, se logró efectuar una mejora significativa por medio del aplicativo, ya que antes eran de 40 días hábiles (1,33 meses) y 15 días respectivamente y su disminución fue de aproximadamente 23 y 18 días hábiles respectivamente, un impacto muy positivo para el cliente y la empresa para simplificar el incumplimiento en la fabricación de sus productos y logrando entregar antes del tiempo establecido. Adicionalmente, aunque el tiempo de entrega dio un salto amplio entre incumplir y no hacerlo, se debe tener cuidado ya que, aunque 3 días aproximadamente es un excelente parámetro, no se debe descuidar con la estandarización del aplicativo en la empresa para prevenir el incumplimiento nuevamente o incluso mejorar esta variable aún más.

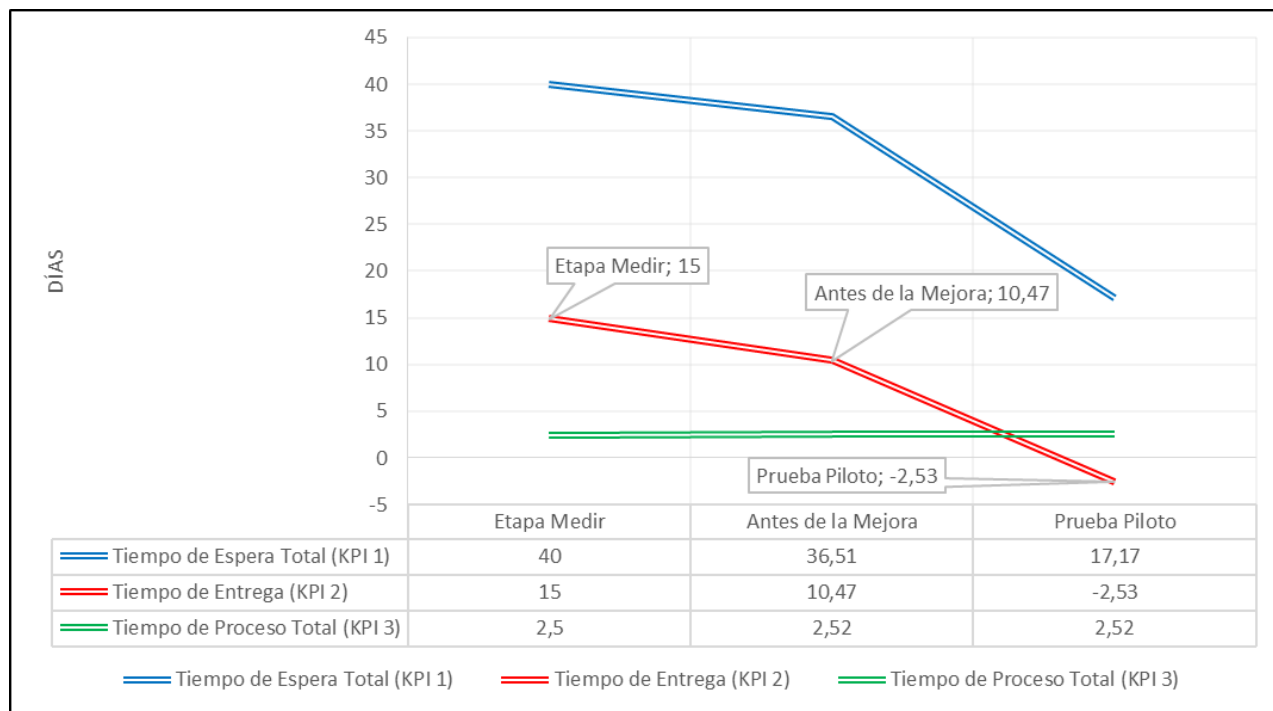


Fig. 25. Comparación Antes y Después de la prueba piloto con respecto a los KPI'S

Para finalizar esta etapa, cabe destacar que los indicadores de desempeño tuvieron un cumplimiento total (Ver TABLA XII), basados en los datos proporcionados por la Tabla XI y la figura 25. En el caso del tiempo de espera entre procesos, se requería para el proyecto que fuera menor o igual a 28 días hábiles, lo cual se cumplió en mayor expresión de lo planteado, pues se alcanzó un 39% aproximadamente por encima de la meta. Para el segundo indicador, uno de los más importantes y que depende del tiempo de espera entre procesos, se obtuvo un cumplimiento de la meta para que fuera menor o igual a 3 días, generando un corto incumplimiento al cliente, sin embargo, fue el resultado más relevante, ya que se llegó a un tiempo de -2,53 días hábiles de retraso (Sin causar incumplimiento), lo cual representa 5,53 días hábiles de más respecto a lo que se había propuesto como meta, es decir un 54% aproximadamente. Finalmente, al haberse ejecutado la fabricación de cuchillos calientes en la prueba antes de la mejora y la prueba piloto con un lote de 50 unidades y la etapa medir con un lote de 30, al extrapolarse esta magnitud, se consiguió mantener el indicador de tiempo en proceso por lote, representando un indicador de mantenimiento por la razón de que se mantuvo este tiempo antes y después de la mejora.

TABLA XIII. INDICADORES DE DESEMPEÑO BASADOS EN LOS RESULTADOS

Variable	Antes		Después	Meta	Cumplimiento
	Muestra etapa medir	Muestra antes de la mejora	Prueba Piloto		
Tiempo de Espera en Proceso	40 días hábiles	36.51 días hábiles	17.17 días hábiles	≤ 28 días hábiles	Si, se cumplió la meta
Tiempo de Entrega (Retraso)	15 días hábiles	10.47 días hábiles	-2.53 días hábiles	≤ 3 días hábiles	Si, se cumplió la meta
Tiempo en Proceso por Lote (Cuchillos calientes)	2.5 días hábiles	2.52 días hábiles	2.52 días hábiles	2.5 días hábiles (30) 4.17 días hábiles (50)	Si, se cumplió la meta

VI. CONTROLAR

A. Medición de los impactos

La preservación de la relación con uno de los clientes más destacados se presenta como una prioridad estratégica, dada su contribución significativa a la estructura financiera. El cliente 1 genera a LA EMPRESA anualmente 400 millones de pesos, representando un considerable 22% de los ingresos totales de la empresa. La confianza del Cliente 1 se ve reflejada en la encomienda de la fabricación de 50 cuchillos calientes mensuales, valorados en 9 millones de pesos cada lote, totalizando en 108 millones de pesos anuales. Esta cifra representa un 27% del ingreso total que este cliente aporta a la empresa. Reconociendo la importancia de mantener esta relación sólida, se han emprendido esfuerzos significativos para reducir drásticamente los tiempos de entrega de los cuchillos, disminuyendo el período de 15 días de retraso a -2,53 días de retraso. Esta mejora no solo refleja el compromiso con la satisfacción del cliente, sino que también refuerza la lealtad de este cliente que es considerado crucial para la organización.

Con respecto al análisis financiero, se realizó la simulación del flujo de caja y del estado de resultado con un horizonte de 5 años, teniendo en cuenta la confidencialidad de los datos se utilizó una variación dada por la empresa con el pronóstico de ventas de fabricación anual de los años anteriores. Respecto lo anterior, de acuerdo con el análisis realizado, la empresa invirtiendo en el proyecto del aplicativo, no incurriría en el riesgo de perder su cliente principal, el cual referencia a un 22% de las ventas de fabricación, es decir, las ventas de fabricación se reducirían \$65.000.000 anuales. Por otro lado, se presupuestó una inversión de \$ 39.104.444, la cual será destinada a la compra de los celulares, la compra anual del aplicativo, la contratación y capacitación del personal. Teniendo como resultado, una TIR (76%) y un VPN (\$108. 828. 899) mayor a 0. Lo cual se refiere que la inversión es viable, no se incurre tanto en costos y la empresa no incurre en riesgo de perder a sus clientes por incumplimiento de fecha de entrega. (Ver anexo 22).

B. Estandarización de la solución - POE'S

Para cumplir con la reducción de los tiempos de entrega y así poder cumplir con la fecha establecida con el cliente, fue necesario realizar un manual de procedimiento del aplicativo propuesto, el cual se llevó a cabo con el plan de control POE (Procedimiento Operativo Estándar). Cabe resaltar que en este documento se tiene en cuenta el propósito, el alcance y el procedimiento el cual deben ser ejecutados los pasos para llevar a cabo el aplicativo. En este orden de ideas, el plan para que esta propuesta se lleve a cabo se necesita que los operarios lleven a cabo las actividades establecidas en el documento (Ver Figuras 26-27).

Logo de la empresa: Confidencial	Procedimiento operativo del aplicativo para la fabricación de cuchillos calientes		Código: Version:01 Hoja 1 de 1
Area:	Fabricación	Fecha:	
Nombre de la tarea:	Fabricación de cuchillos calientes		
Responsable:	Operario X		
Objetivo			
Identificar los factores más influyentes en los tiempos de retraso de producción, que direccionen la toma de información para ver el estado de los productos, con el fin de reducir los tiempos de entrega.			
Alcance			
Este formato aplica para el proceso de fabricación de cuchillos calientes			
Materiales y equipos necesarios			
	Materiales Utilizados	Elementos de Seguridad	
1. Celular		1. Botas de Seguridad	
2. Excel		2. Uniforme Adecuado	
3. Papel		3. Guantes Protectores	
		4. Gafas Protectores	
Actividades Criticas			
Los celulares se encuentren en buenas condiciones			
Deligenciar la informacion correcta en cada campo obligatorio			
Escanear correctamente el código Qr			
Descripción del procedimiento			
No.	Descripción		Responsable
1	Ingrese a la aplicación "Scan It to Office" de color naranja, en la pantalla principal del celular		Operario X
2	Oprima el botón donde se muestra un código de barras		Operario X
3	Seleccionar el nombre del producto que esté produciendo, mediante una lista desplegable en el campo llamado "NOMBRE PROD."		Operario X
4	Seleccionar el estado del producto, que se refiere a la etapa de producción que usted este operando. Se encuentra con el icono de un "LUPA" y mediante una lista desplegable seleccione la opción en el campo		Operario X
5	Seleccione su nombre en el campo llamado "REGISTRADO POR." y busque su nombre en la lista desplegable, si no se encuentra registrado en este, informar al líder de producción inmediatamente.		Operario X
6	Seleccionar la fecha ubicada en el campo llamado "REGISTRO INICIAL" que se refiere a la fecha en la que inicia el trabajo en esa etapa de producción. Esta denotado por el icono de un "Calendario en un círculo".		Operario X
7	Seleccionar la fecha ubicada en el campo llamado "REGISTRO FINAL" que se refiere a la fecha en la que termina el trabajo en esa etapa de producción. Esta denotado por el icono de un "Calendario en un círculo".		Operario X
8	Seleccionar el botón ubicado naranja con una flecha blanca, ubicado en la parte inferior izquierda de la pantalla para mandar el formulario.		Operario X
Resultados esperados			
Registrar en que etapa y proceso esta el lote de fabricación de cuchillos calientes			
Acciones correctivas			
En caso de que el operario registre mal un dato, informarlo al líder de producción y realizar la respectiva corrección			
Elaboró:	Revisó y aprobó		
Firma	Firma:		
Cargo:	Cargo:		

Fig. 26.POE para el uso del aplicativo en la fabricación de cuchillas para el operario

Logo de la empresa: Confidencial	Procedimiento operativo del aplicativo para la fabricación de cuchillos calientes		Codigo: Version:01 Hoja 1 de 1
Área:	Fabricación	Fecha:	
Nombre de la tarea:	Fabricación de cuchillos calientes		
Responsable:	Lider de Producción		
Objetivo			
Identificar los factores más influyentes en los tiempos de retraso de producción, que direccionen la toma de información para ver el estado de los productos, con el fin de reducir los tiempos de entrega.			
Alcance			
Este formato aplica para el proceso de fabricación de cuchillos calientes			
Materiales y equipos necesarios			
Materiales Utilizados		Elementos de Seguridad	
1. Celular		1. Botas de Seguridad	
2. Excel		2. Uniforme Adecuado	
3. Papel		3. Guantes Protectores	
4. Computador		4. Gafas Protectores	
Actividades Críticas			
Los celulares se encuentren en buenas condiciones			
Deligenciar la información correcta en cada campo obligatorio			
El computador se encuentra en perfectas condiciones			
Escanear correctamente el código Qr			
Descripción del procedimiento			
No.	Descripción	Responsable	
1	Ingrese a la aplicación Excel de color verde llamado "Aplicativo", en la pantalla principal del computador de producción.	Lider de Producción	
2	Ingrese el numero de la orden de servicio en la columna con nombre "OS" con el número de lote que se va a realizar.	Lider de Producción	
3	Ingrese el nombre del cliente en la columna B llamada "Cliente".	Lider de Producción	
4	Seleccione la fecha de entrada de la orden de servicio en la columna C llamada "Fecha de entrada"	Lider de Producción	
5	Seleccione la fecha de entrega en la columna D llamada "Fecha de entrega"	Lider de Producción	
6	Copie el código QR generado para colocarlo en la orden de servicio.	Lider de Producción	
7	Imprima la orden de servicio y verifique el código QR esté funcionando	Lider de Producción	
Resultados esperados			
Controlar los procesos productivos en cada etapa			
Acciones correctivas			
En caso de que el operario registre mal un dato, verificar con el operario y realizar la respectiva corrección			
Elaboró:		Revisó y aprobó	
Firma		Firma:	
Cargo:		Cargo:	

Fig. 27. POE para el uso del aplicativo en la fabricación de cuchillas para el líder de producción

C. Conclusiones

La EMPRESA, cuenta con una problemática en los tiempos de entrega de sus productos a sus clientes, ya que se entregan después de las fechas establecidas, por lo que estaba causando el riesgo de pérdida de clientes, lo que ocurrió años atrás con un cliente de gran importancia. Debido a este problema, el grupo de trabajo se encargó de buscar el problema raíz, implementar una solución y ejecutar una prueba piloto que asegurara el impacto positivo en la empresa para que luego esta pudiera replicarla con el resto de sus productos. A continuación, se describirá las conclusiones encontradas a lo largo del proyecto. Cabe destacar que las muestras antes de la mejora y la prueba piloto fueron tomadas con un lote de 50 unidades a diferencia de la etapa medir que fue un lote de 30 unidades.

- Los indicadores de desempeño (KPI'S) muestran una mejora significativa después de implementar la solución propuesta, cumpliendo las metas establecidas por las partes interesadas.

- El Tiempo de Espera en Proceso tuvo una reducción del 52.99%, pasando de 36.51 a 17.17 días hábiles, comparando la muestra antes de la mejora y la prueba piloto, superando la meta establecida de 28 días hábiles.
- El Tiempo de Entrega (Retraso) tuvo una reducción del 124.16%, pasando de 10.47 a -2.53 días hábiles, comparando la muestra antes de la mejora y la prueba piloto, superando la meta establecida de 3 días hábiles de retraso.
- El Tiempo en Proceso por Lote (Cuchillos calientes) se mantuvo en estable, pasando de 4.21 a 4.20 días hábiles, comparando la muestra antes de la mejora y la prueba piloto, estando muy cerca de la meta de 4.17 días hábiles, lo cual es una pequeña diferencia y no es significativa.
- Respecto a las especificaciones del diseño sugeridas por los grupos de interés desde un inicio del proyecto, se cumplieron en su totalidad, influyendo significativamente en la mejora de la empresa y escuchando la voz del cliente en cada uno de los actores tenidos en cuenta.
 - Para el gerente de la organización, se obtuvo el conocimiento del estado de los productos estudiados, desde su inicio de fabricación hasta el producto terminado, teniendo en cuenta cada área de trabajo específica si se requería y los respectivos motivos descriptivos para la toma de decisiones. También, se mantuvieron controlados los tiempos de proceso del lote del producto (Cuchillos calientes) respetando el margen planteado, teniendo solo una variación del 0,8% por encima del estandarizado por la empresa en sus fichas técnicas, además se mejoraron los tiempos de entrega en un 124,16% al mantener los tiempos de proceso controlados.
 - Los clientes fueron beneficiados positivamente, pues eran los más afectados por esta problemática, donde por medio del aplicativo se logró mejorar los tiempos de entrega en un 124,16% (-2,53 días hábiles), obteniendo una mejora de 82% aproximadamente por encima de los tiempos de entrega propuestos (7,5 días hábiles).
 - Por parte de los empleados, se alcanzó una mayor trazabilidad del producto en el momento en que este pasa por las distintas áreas de trabajo, de esta manera el control del programa de producción establecido es efectivo y si se requiere una interrupción inmediata, esta será registrada en el aplicativo para conocer sus detalles.
 - Por último, el equipo de trabajo brinda un aplicativo como solución para mantener los KPI's controlados después de implementar mejora siguiendo la estandarización (POE) de esta a lo largo del tiempo. Adicionalmente, logró mantener los tiempos de proceso de lote del producto por debajo del margen de 10% planteado y se disminuyeron los tiempos de entrega en un 124,16%, es decir casi un 85% por encima del 40% planteado.
- El objetivo general del proyecto de implementar un DOE, para identificar los factores más influyentes en los retrasos de la producción, para poder identificar el estado de los productos y así reducir los tiempos de entrega, se cumplió. El DOE, arrojó que las causas más influyentes eran el tipo de planeación (Prioridad por Tiempo de Entrega, por Cliente y por Tiempo de Proceso) lo cual le dio direccionamiento a la prueba piloto utilizando en el aplicativo "Scan It", para identificar el estado del producto y poder reducir los tiempos de espera entre procesos, al darles una herramienta a la empresa, para tomar decisiones de manera más rápida. Concluyendo en un resultado satisfactorio entregando a tiempo el producto en la prueba piloto.
- El primer objetivo específico, se cumplieron satisfactoriamente todos los supuestos mediante el desarrollo del DOE, determinando que, son muy confiables los resultados y todos los factores fueron influyentes para el diseño (Tipo de Planeación, Estado del Producto y Etapa del proceso), donde el Tipo de Planeación (Prioridad por tiempo, cliente y tiempo de proceso) fue el más influyente de todos, seguidamente el estado del producto (No iniciado, Parada y En Proceso) y por último la etapa en la que se encontraba el producto (Planeación Inicial, Corte, Mecanizado y Afilado).
- El segundo objetivo específico, se cumplió utilizando dos herramientas, Excel, para guardar los datos tomados por el aplicativo y el aplicativo "Scan It", donde el operario, mediante un formato en el celular, transmite la información de forma remota con un código QR del celular al Excel en línea.
- Para el tercer objetivo específico, se llevó cabo implementando la prueba piloto, con el aplicativo, en donde cumplió los indicadores de desempeño y rebasó las expectativas de las metas establecidas por las partes interesadas, estableciendo un resultado positivo.

- De acuerdo con los resultados del DOE, las mejoras de condiciones del proceso productivo de las cuchillas deben enfocarse en los 3 tipos de planeación, donde la prioridad por entrega debe centrarse en los estados de los productos de no iniciado y parada y en las etapas de afilado y corte. Para la prioridad por cliente, el estado no iniciado y parada y TODAS las etapas del proceso y, por último, para prioridad por tiempo de proceso, se debe generar una prevención en TODOS los estados del proceso y las etapas para no generar retraso. Cabe destacar que, todos los tipos de planeación requieren establecer un retraso entre 0 a 3 días hábiles vigentes para no incumplir como meta principal.
- La empresa en el estado en el que estaba corría un riesgo muy alto, de la pérdida de un cliente, lo que implica una pérdida en ventas del 22%, pero con la solución implementada no sólo no corre dicho riesgo, sino que también ayuda en el flujo de caja de la empresa, debido a que los productos se entregan el tiempo establecido o antes, y esto conlleva a que se pueda facturar de manera más rápida, de lo que venía la empresa.
- Por último, todos estos resultados, se reflejan en mejorar el posicionamiento, creando una mejor imagen de la empresa en puntualidad y calidad, lo cual a mediano plazo será una gran ventaja sobre sus competidores a nivel local y regional.

D. Recomendaciones

- Inicialmente se recomienda que la EMPRESA, continúe esta prueba piloto con el mismo producto, para poder validar la solución con un grado de significancia mayor. De allí podrán entender mejor el sistema y tomar la decisión de implementarlo con el resto de los productos.
- Dicho lo anterior, si el resultado es positivo, lo más pertinente es seguir replicando este sistema con el resto de los productos de la empresa y las otras líneas de producción como la de servicios, paulatinamente y así brindarles un buen servicio a sus clientes. Para lograrlo se debe realizar la estandarización de que todas las ordenes de trabajo tenga el código QR generado por el aplicativo “SCAN IT”, para productos de servicio de afilado de cuchillas como de fabricación de cuchillas de cualquier tipo de familia.
- Se recomienda, que los tiempos de proceso se mantengan como se ha venido trabajando, esto con el fin de que los tiempos de entrega no se vean afectados por este factor a lo largo del tiempo. Una forma de realizarlo sería aplicar un tablero de control para tener presente los tiempos de proceso de cada producto en cada etapa.
- De la misma manera, se recomienda hacer un seguimiento especializado de las condiciones para mejorar los procesos en la empresa (TABLA X), los cuales enfatizan en las variables de Tipo de Planeación, Estado del Producto y Etapa del Producto, resaltando los días de retraso para obtener como causa principal un incumplimiento o no incumplimiento.

VII. GLOSARIO

Sector Metalmecánico: Conjunto de empresas dedicadas a la fabricación de productos y componentes mecánicos, utilizando principalmente metales como materia prima. Incluye la producción de maquinaria, herramientas, equipos, piezas de automóviles, entre otros.

Servicio de Afilado: Proceso de afilado de herramientas de corte, como cuchillas, discos y fresas, utilizadas en la industria para cortar y dar forma a diversos materiales. El objetivo del servicio es mantener la calidad del corte y prolongar la vida útil de las herramientas.

Fabricación de Cuchillas: Proceso de producción de herramientas de corte utilizadas en maquinarias y procesos industriales, implica el diseño, la selección de materiales, el corte y la conformación, el tratamiento térmico, el afilado y el acabado final de las cuchillas.

Cuchillas Industriales: Herramientas de corte utilizadas en diversas industrias para cortar materiales como papel, plástico, metal, madera, caucho, entre otros. Son comúnmente utilizadas en procesos de producción, fabricación y transformación de materiales.

Centros de Trabajo: Áreas específicas en una fábrica o empresa donde se realizan tareas o procesos productivos específicos. Estos pueden incluir una o varias máquinas, herramientas y equipos necesarios para llevar a cabo las operaciones requeridas.

Indicador KPI: (Key Performance Indicator) es una métrica utilizada para medir el desempeño de una organización o proceso en relación con los objetivos estratégicos establecidos.

Centros Mecanizados: Máquinas altamente automatizadas que realizan operaciones de mecanizado, como el fresado, el taladrado y el roscado, en piezas de trabajo. Están diseñados para trabajar con alta precisión y repetibilidad, y pueden realizar múltiples operaciones de mecanizado en una sola configuración.

Jefe de Fabricación: Responsable de coordinar y supervisar los procesos de producción de una empresa, asegurando el cumplimiento de los objetivos de producción, calidad y seguridad establecidos, a través del manejo eficiente de los recursos y del personal a su cargo.

Máquina Rectificadora Plana: Herramienta utilizada para realizar acabados precisos en superficies planas de piezas de trabajo. Estas máquinas utilizan una muela abrasiva para eliminar pequeñas cantidades de material y dejar una superficie plana y lisa en la pieza de trabajo.

Make to order: Fabricar a pedido, es una estrategia de producción comercial que generalmente permite a los consumidores comprar productos que se personalizan según especificaciones.

Sistema MES: Es un sistema de software integral y dinámico que monitorea, rastrea, documenta y controla el proceso de fabricación de bienes desde la materia prima hasta los productos terminados.

Identificación automática (AIDC): Tecnología amplia para recopilar información de un individuo, objeto, imagen o sonido sin entrada manual de datos.

VIII. REFERENCIAS

[1] Cámara de Comercio Cali (2018, Dic 19) Enfoque competitivo (1st ed.) [En línea]. Recuperado de: <https://www.ccc.org.co/file/2018/12/Informe-Metalmecanico-N109.pdf>

[2] Cámara de Comercio Cali (2023, Feb 22) Total Production of Crude Steel (1st ed.) [Online]. Available on: <https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/annual-production-steel-data/>

[3] Cede Trabajo (2016, Oct 07) (Informe SIA#23) La industria metalmecánica en Colombia frente a los TLC (1st ed.) [En línea]. Recuperado de: <https://cedetrabajo.org/informe-6-la-industria-metalmecanica-en-colombia-frente-a-los-tlc/>

[4] Instituto Nacional de Estadísticas Chile (2022, Dic 21) Preguntas Frecuentes. Índice de precios al consumidor (1st ed.) [En línea]. Recuperado de: <https://www.ine.gob.cl/docs/default-source/%C3%ADndice-de-precios-al-consumidor/metodologias/base-anual-2018-100/preguntas-frecuentes-ipc-2018.pdf>

[5]. Colombia Co. 8 avances de la industria metalmecánica en Colombia [En línea]. Recuperado de: <https://www.colombia.co/pais-colombia/hechos/8-avances-de-la-industria-metalmecanica-en-colombia/>

[6] NORMA TÉCNICA COLOMBIANA ISO-9001 (2015) Sistemas de gestión de la calidad (1st ed.) [En línea]. Recuperado de: <https://www.agencomex.com/pdf/ISO-9001-2015.pdf>

[7] COPNIA (2003) Código profesional de ética (1st ed.) [En línea]. Recuperado de: <https://www.copnia.gov.co/tribunal-de-etica/codigo-de-etica>

- [8] BUREAU VERITAS CERTIFICATION. ISO 9001: Certificados en Sistemas de Gestión - Calidad (1st ed.) [En línea]. Recuperado de: <https://www.bureauveritascertification.com/pa/project/iso-9001-gestion-de-calidad/>
- [9] ¿QUÉ ES LA METAMECÁNICA? INTER 2000 MECANIZADOS [En línea]. Recuperado de: <https://www.inter2000mecanizados.com/post/que-es-la-metalmecanica>
- [10] ASANA: QUÉ ES UN KPI, PARA QUÉ SIRVE Y CÓMO UTILIZARLO EN UN PROYECTO [En línea] Recuperado de: <https://asana.com/es/resources/key-performance-indicator-kpi>
- [11] La EMPRESA, Ventas por cliente Pareto por productos (Formato Excel – Anexo 2)
- [12] La EMPRESA, Sipoc inmagraf fabricación de Cuchillas. Industriales (Formato Excel – Anexo 10)
- [13] La EMPRESA, Esquema general del funcionamiento general del proceso de la empresa (Formato Excel – Anexo 10)
- [14] La EMPRESA, Mapa de procesos de la empresa (Formato Excel – Anexo 11)
- [15] La EMPRESA, Días de retraso (Formato Excel – Anexo 4)
- [16] La EMPRESA, Ventas por línea (Formato Excel – Anexo 3)
- [17] Revista Lasallista de Investigación (2014) Propuesta para la reducción de los tiempos improductivos en Dugotex S.A.[En línea] Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69539788006>
- [18] Ingeniería, investigación y tecnología (2020) Sistema de producción multi-línea optimizado por PSO [En línea] Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/404/40465091006/>
- [19] Ingeniería e Investigación (2008) Modelo de programación jerárquica de la producción en un Job shop flexible con interrupciones y tiempos de alistamiento dependientes de la secuencia [En línea] Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64328211>
- [20] Enfoque UTE (2014) Sistema de indicadores de gestión para pymes, sector metalmeccánico [En línea] Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=572260842004>
- [21] M. I. Jaramillo , E. Payan , and A. Castrillon, “Mejoramiento del proceso productivo para reducir tiempo de entrega María Isabel”, Research rabbit, <https://www.researchrabbitapp.com/collection/public/MLPEKXP3ZG> (accessed Aug. 19, 2023).
- [22] D, E. Ruano, J. F, Quintero, “Propuesta de mejoramiento del proceso productivo en una empresa de transformadores eléctricos aplicando la filosofía lean”, Research rabbit, <https://www.researchrabbitapp.com/collection/public/5ZQ0NKKQZ2> (accessed Aug. 19, 2023).
- [23] Espin-Guerrero, R., Toalombo-Rojas, B. M., Moyolema-Chaglla, Ángel, & Altamirano-Salazar, A. M. (2022). Optimización de los procesos operativos mediante la teoría de restricciones en una empresa metalmeccánica. *Novasinergia*, ISSN 2631-2654, 5(2), 33–57.

IX. ANEXOS

TABLA XIV. TABLA DE ANEXOS

No. Anexo	Nombre	Desarrollo (propio o terceros)	Tipo de Archivo (PDF, HTLM, Excel, Word...)
1	2023105 anexo 1 Encuesta Grupos de Interés	Propio	Excel
2	2023105 anexo 2 Ventas por Cliente Pareto por Productos.	Terceros	Excel
3	2023105 anexo 3 Ventas por Línea.	Terceros	Excel
4	2023105 anexo 4 Días de Retraso.	Terceros	Excel
5	2023105 anexo 5 Recolección de Datos.	Propio	Excel
6	2023105 anexo 6 PRD.	Propio	Excel
7	2023105 anexo 7 Hoja de Trabajo Situación Actual.	Propio	Word
8	2023105 anexo 8 Cursograma Sinóptico.	Tercero	Visio
9	2023105 anexo 9 Ficha Técnica Interna (Inmagraf).	Tercero	PDF
10	2023105 anexo 10 SIPOOC Inmagraf Fabricación De Cuchillas Industriales.	Propio	Excel
11	2023105 anexo 11 Esquema General del Funcionamiento de Procesos de la Empresa.	Terceros	PDF
12	2023105 anexo 12 Mapa de procesos de la Empresa.	Terceros	PDF
13	2023105 anexo 13 Diagrama de Causa y Efecto y 5 porqués.	Propio	Excel
14	2023105 anexo 14 Correlación de las Variables De Tiempo de Retraso - Tiempo De Espera.	Propio	PDF
15	2023105 anexo 15 Manual de Orden de Servicio.	Propio	Excel
16	2023105 anexo 16 Project Charter	Propio	Word
17	2023105 anexo 17 Formato De Causas - Tiempo Entre Procesos	Propio	Excel
18	2023105 anexo 18 DOE	Propio	Excel
19	2023105 anexo 19 Pareto De Causas - Tiempo Entre Procesos.	Propio	Excel
20	2023105 anexo 20 Apicativo - Prueba Piloto.	Propio	Excel
21	2023105 anexo 21 Toma de Muestra Antes de la Mejora.	Propio	Excel

22	2023105 anexo 22 Análisis Financiero	Propio	Excel
23	2023105 anexo 23 Formato POE	Propio	World
24	2023105 anexo 24 Orden de Servicio con Código QR	Propio	PDF
25	2023105 anexo 25 Imagen del Aplicativo	Propio	PDF