

12.05.2024 Chancusig - Morales.docx

por KELLY CHANCUSIG MACATO

Fecha de entrega: 12-may-2024 08:34p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2377746429

Nombre del archivo: 12.05.2024_Chancusig_-_Morales.docx (1.91M)

Total de palabras: 7400

Total de caracteres: 39415



**Maestría en Gestión por Procesos
con mención en Transformación Digital**

**Proyecto ⁵ de mejora en el proceso de fabricación de válvulas incluyendo
transformación digital en la empresa FUNDIEC S.A.**

**Profesor:
Mgtr. Rafael Graña**

**Autores:
Kelly Estefanía Chancusig Macato
Iván Fabricio Morales Suárez**

2024

Contenido

Índice de figuras	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de anexos.....	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
1. Introducción y definición	1
1.1 Descripción de la organización	1
1.2 Descripción del problema.....	4
1.3 Justificación del problema.....	4
1.4 Alcance	4
2. Objetivos	6
2.1 Objetivo general.....	6
2.2 Objetivos específicos	6
3. Revisión de literatura y trabajos relacionados	7
4. Método.....	12
4.1 Gestión por procesos.....	12
4.1.1 Caracterización del proceso.....	13
4.1.2 Modelado de procesos de la situación actual	14
4.2 Análisis de datos.....	15
4.2.1 Control estadístico de procesos.....	15
4.2.2 Capacidad del proceso	16
4.2.3 VSM actual.....	18
4.2.4 AMEF inicial	18
4.2.5 Simulación del proceso	19
4.3 Análisis del problema real con datos del proceso.....	23
4.3.1 Método 5 W2H	23
4.3.2 Árbol de problemas	23
4.3.3 Diagrama de Ishikawa.....	24
4.4 Priorización de problemas.....	25
4.4.1 Priorización mediante Pareto	25
5. Propuesta y justificación de alternativas de solución	27
5.1 Propuestas de mejora	27

5.2 Plan de mejora	28
5.2.1 Modelado de procesos mejorado	28
5.2.2 AMEF final	29
5.2.3 Simulación final	30
5.2.4 FlexSim inicial vs final	32
5.3 Análisis costo – beneficio	33
5.4 Proyección de resultados	34
6. ¹³ Discusión	36
7. Conclusiones y recomendaciones	38
7.1 Conclusiones	38
7.2 Recomendaciones	38
Bibliografía	40
Anexos.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Modelo Canvas</i>	2
Figura 2 <i>Hoshin Kari - FUNDIEC S.A.</i>	3
Figura 3 <i>Mapa de procesos</i>	3
Figura 4 <i>Demanda de válvulas en el 2023</i>	12
Figura 5 <i>Balance</i>	13
Figura 6 <i>Caracterización del proceso</i>	14
Figura 7 <i>Diagrama de proceso “fabricación de válvulas”</i>	15
Figura 8 <i>Carta de Desviación Estándar (s)</i>	16
Figura 9 <i>Carta de medias (x)</i>	16
Figura 10 <i>Información estadística</i>	17
Figura 11 <i>Value Stream Map (actual)</i>	18
Figura 12 <i>AMEF – NPR inicial</i>	18
Figura 13 <i>Validación del proceso simulado</i>	19
Figura 14 <i>Recursos</i>	20
Figura 15 <i>Calendario</i>	21
Figura 16 <i>Proceso simulado</i>	22
Figura 17 <i>Modelo 5 W2H</i>	23
Figura 18 <i>Árbol de problemas</i>	24
Figura 19 <i>Diagrama de Ishikawa</i>	24
Figura 20 <i>Diagrama de Pareto</i>	26
Figura 21 <i>Diagrama de procesos mejorado</i>	29
Figura 22 <i>NPR final vs inicial</i>	30
Figura 23 <i>Informe final de uso de recursos</i>	31
Figura 24 <i>Proceso simulado, mejorado</i>	32
Figura 25 <i>Proceso mejorado en FlexSim</i>	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Takt time</i>	12
Tabla 2 <i>Análisis de tiempo</i>	20
Tabla 3 <i>Informe de la simulación</i>	22
Tabla 4 <i>Número de incidencias</i>	25
Tabla 5 <i>Herramientas de mejora</i>	27
Tabla 6 <i>Diagrama de Gantt</i>	28
Tabla 7 <i>Resultados del FlexSim</i>	32
Tabla 8 <i>Costo del proyecto de mejora</i>	33
Tabla 9 <i>Análisis costo beneficio</i>	34
Tabla 10 <i>Resultados esperados</i>	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A <i>PSI de cada válvula fabricada en el año 2023</i>	42
Anexo B <i>AMEF inicial</i>	43
Anexo C <i>Diagrama de Gantt (planificación desglosada)</i>	44

PROYECTO ⁵ DE MEJORA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE VÁLVULAS INCLUYENDO TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LA EMPRESA FUNDIEC S.A.

RESUMEN

En el presente proyecto ⁵ de mejora en el proceso de fabricación de válvulas incluyendo transformación digital, dentro de la empresa FUNDIEC S.A, tiene como objetivo la reducción del porcentaje de reproceso de válvulas debido a desviaciones respecto a las especificaciones de calidad. Dado el creciente nivel de exigencia en el mercado, se analiza minuciosamente el proceso de fabricación y se propone mejoras significativas. En esta iniciativa, se contempla la implementación de herramientas de mejora a lo largo de todo el proceso productivo. Este enfoque no solo apunta a disminuir el índice de reproceso, sino que también se anticipa a fomentar un ambiente laboral más favorable, aumentar la rentabilidad de la empresa y, en consecuencia, mejorar el rendimiento de los empleados a través de procesos mejorados con capacitaciones constantes y la automatización de un proceso crítico. La contribución de la propuesta de mejora para FUNDIEC S.A, resulta de elevada importancia, especialmente en términos de sostenibilidad, esto se debe a que los clientes vean cumplidas sus expectativas en su totalidad, permitiendo que el proceso crítico se estandarice y mejore. Para la empresa, esto se traducirá en mayores ventas y una reducción de los reprocesos, lo cual se reflejará a una mejora en la rentabilidad económica y social, asegurando la competitividad y el éxito en el mercado.

PALABRAS CLAVE: Válvulas, Proceso de fabricación, Mejora, Transformación digital, FUNDIEC S.A.

**IMPROVEMENT PROJECT IN THE VALVE MANUFACTURING PROCESS
INCLUDING DIGITAL TRANSFORMATION AT THE COMPANY FUNDIEC S.A.**

ABSTRACT

In this project to improve the valve manufacturing process, including digital transformation, within the company FUNDIEC S.A, the objective is to reduce the percentage of valve reprocessing due to deviations from quality specifications. Given the increasing level of demand in the market, the manufacturing process is thoroughly analyzed and significant improvements are proposed. This initiative includes the implementation of improvement tools throughout the entire production process. This approach not only aims to reduce the rework rate, but also anticipates fostering a more favorable work environment, increasing the company's profitability and, consequently, improving employee performance through improved processes with constant training and the automation of a critical process. The contribution of the improvement proposal for FUNDIEC S.A, is of high importance, especially in terms of sustainability, this is due to the fact that customers will see their expectations fully met, allowing the critical process to be standardized and improved. For the company, this will translate into higher sales and a reduction of reprocesses, which will be reflected in improved economic and social profitability, ensuring competitiveness and success in the market.

KEYWORDS: Valves, Manufacturing process, Improvement, Digital transformation, FUNDIEC S.A.

1. INTRODUCCIÓN Y DEFINICIÓN

1.1 Descripción de la organización

³ Fundiciones del Ecuador S.A (FUNDIEC S.A), fundada a principios de los años 1990, la empresa tiene su sede en Ecuador y se especializa en la producción de una amplia gama ¹⁷ de productos para agua potable, alcantarillado y aplicaciones industriales, en todo tipo de materiales fundidos: **hierro fundido; hierro dúctil; aceros especiales; Aceros inoxidables; bronces; aluminios.** Está ubicada en Quito, ³ Alfonso Moncayo N 6 - 309 y Panamericana Norte Km 10½. FUNDIEC S.A. ³ con más de 29 años de presencia en el mercado nacional, contribuyó a importantes **proyectos de agua potable y alcantarillado** sanitario en **todo el país**, tanto para contratistas públicos como privados, con productos que incluyen: válvulas; hidrantes; cubiertas; rejillas; y accesorios. Brinda servicios de consultoría técnica en desarrollo de normas, estudios, diseño y desarrollo de sistemas de agua potable, sistemas de alcantarillado sanitario y otros sistemas. La misión y visión de la empresa FUNDIEC S.A. (2024) respectivamente son:

Producir productos de calidad tales como válvulas, hidrantes, uniones mecánicas, tapas, rejillas, diseños especiales, que cumplen con las normas internacionales vigentes, integrando un producto y servicio de absoluta seguridad, confiabilidad, con niveles competitivos en calidad y oportuna capacidad de respuesta. Comprometidos con el desarrollo de nuestra gente, el progreso de la comunidad y el entusiasmo de nuestros proveedores y clientes.

Diseñar, fabricar y vender las mejores válvulas, hidrantes, uniones mecánicas, tapas y rejillas del país (Fundiec S.A., 2024).

En cuanto al equipamiento, el área de moldeo cuenta con un sistema de moldeo de última tecnología basado en arenas y resinas; en el área de fundición, En el área de mecanizado se cuenta con un horno eléctrico de inducción marca Ajax con dos tanques con capacidad de 550 kg / hora (cada uno). Hay varios tornos y taladros en la zona, además de amoladoras y pulidoras. También hay

equipos neumáticos y equipos de prueba, así como llaves y prensas en el área de laboratorio. En el área del laboratorio se pueden encontrar equipos especiales, como determinadores de C y Si, microscopios, pirómetros y más. Determinadores de dureza Brinell, determinadores de materiales ultrasónicos, determinadores de espesor de pinturas, horno para determinación de *Loss On Ignition* (LOI) en arena mediante resinas, balanzas y pulidores especiales utilizados para la preparación de muestras. La figura 1 describe el modelo de negocio de FUNDIEC S.A.

Figura 1

Modelo Canvas

ASOCIACIONES CLAVE	ACTIVIDADES CLAVE	PROPUESTA DE VALOR	RELACIÓN CON LOS CLIENTES	SEGUIMIENTO DE CLIENTES
Proveedores de chatarra. Proveedores de químicos. Proveedores de madera y suministros de ferretería. Proveedores de mantenimiento de maquinaria.	Recepción de pedidos. Fabricación de piezas en cualquier tipo de material fundido. RECURSOS CLAVE Talento Humano. Hornos. Chatarra. Moldes.	Fabricación de varios productos para sistemas de agua potable, alcantarillado e industrias, en cualquier tipo de material fundido: hierro fundido, hierro dúctil, aceros especiales, aceros inoxidable, bronce y aluminios. Servicio post venta. Fabricación de piezas personalizadas.	Postulación mediante licitaciones. Seguimiento a clientes recurrentes. CANALES Redes Sociales. Página Web. Servicio de call center.	Empresas públicas y privadas.
ESTRUCTURA DE COSTES Pago de sueldos. Costos fijos y variables. Materia prima. Inversión en maquinaria.			FLUJO DE INGRESO Venta de varios productos para sistemas de agua potable, alcantarillado e industrias.	

Nota. Describe el modelo de negocio de FUNDIEC S.A.

La planificación se puede describir mediante la figura 2, basando en el Hoshin Kanri.

1.2 Descripción del problema

Reprocesos en la fabricación de válvulas no cumplen las especificaciones de calidad. En el año 2023, el porcentaje de reproceso fue del 40%.

1.3 Justificación del problema

FUNDIEC S.A. se desarrolla en un entorno empresarial sumamente competitivo y en constante transformación; siendo la optimización de los procesos productivos una pieza fundamental para garantizar la competitividad y la sostenibilidad a largo plazo. En este sentido, la mejora continua de los procesos se convierte en una prioridad estratégica para maximizar la productividad, reducir los costos operativos y satisfacer los requerimientos del cliente. Con las soluciones planteadas se pretende contribuir con un mejor clima laboral se ha detectado que al tener alto porcentaje de reprocesos en la “fabricación de válvulas” ha existido varios llamados de atención por el supervisor.

En este sentido, al plantear la utilización de una herramienta digital a lo largo del proceso productivo, la misma que contribuirá a disminuir el porcentaje de reproceso, conllevará un mejor clima laboral, mayor rentabilidad a la empresa y por ende mejores reconocimientos a los empleados. La contribución de la propuesta de mejora de procesos para FUNDIEC S.A. es de vital importancia principalmente por la sostenibilidad de la empresa a largo plazo, debido a que sus clientes sentirán que sus requerimientos son satisfechos al cien por ciento, el proceso crítico se encontrará estandarizado y mejorado, lo que para la empresa representará mayores ventas y menores reprocesos, reflejados en una utilidad.

1.4 Alcance

El proyecto de mejora será desarrollado específicamente para el proceso “fabricación de válvulas” de la empresa FUNDIEC S.A., en donde serán analizados los procesos comprendidos desde el ingreso de la materia prima

hasta la logística de salida, con el fin de proponer actividades de mejora respaldadas principalmente en datos estadísticos y simulación de escenarios.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Reducir el porcentaje de reproceso en la fabricación de válvulas por incumplimiento a las especificaciones de calidad.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar la causa raíz del reproceso en la fabricación de válvulas.
- Proponer la estandarización del proceso "fabricación de válvulas" a través de un flujograma.
- Identificar las actividades que se puedan automatizar y proponer herramientas digitales.

3. REVISIÓN DE LITERATURA Y TRABAJOS RELACIONADOS

Partiendo de la pregunta ¿Cómo lograr la excelencia empresarial?, se puede decir que un atributo fundamental es la mejora continua. Como plantea Ortega (2017) “es aquel proceso constante de mejora incremental que se realiza en la empresa con la participación de todo el personal”. Según varias opiniones captadas, son tres los principales motivos que han fomentado la mejora continua en las organizaciones: de importantes cambios estructurales y económicos en el panorama empresarial, el desarrollo de nuevos paradigmas y marcos administrativos y ³⁴ de gestión, y la primacía de la gestión de la calidad.

El presente proyecto estará basado en la tercera opinión “la indudable importancia de la gestión de la calidad”; en este sentido, se puede formular otra pregunta, ¿qué se espera de la calidad? para responder a esta pregunta se puede partir del hecho de que no todos los consumidores y usuarios son fácilmente persuadidos. Muchos tienen claras sus preferencias y están dispuestos a pagar un precio justo por un servicio, producto o información específica. Gracias a la educación, la publicidad y los medios de comunicación, los consumidores están cada vez más informados sobre lo que buscan.

La tendencia de conformarse con lo que se encuentra, siempre y cuando no esté prescrito, está desapareciendo gradualmente. Este cambio se debe en parte al clima económico y social actual, que impulsa a buscar la mejor opción disponible en el mercado. Ya no es tan fácil ocultar la mala calidad o engañar al cliente final; aunque pueda funcionar ocasionalmente, a largo plazo esto resulta en la pérdida de confianza y fidelidad por parte del cliente. Para afrontar estos desafíos, es fundamental ofrecer productos y servicios de calidad a precios justos. En la actualidad, el objetivo no se limita a maximizar las ganancias, sino también a cultivar la lealtad de la clientela, asegurando que vuelvan a realizar compras y confíen en la credibilidad de lo que adquieren. Contar con un mercado cautivo, leal y satisfecho que valore y promueva las cualidades y beneficios percibidos es invaluable (Ortega, 2017).

Existe un error común en la alta gerencia, es creer que el único y más efectivo método para aumentar la productividad es incrementando la cantidad producida, reduciendo los costos, o aplicando ambas estrategias paralelamente. Sin embargo, a lo largo del tiempo y fruto de la experiencia se ha demostrado que esta creencia es falsa y que la mejor manera de abordar la falta de productividad es a través del levantamiento, modelamiento y simulación y mejora de procesos con miras a contribuir con la satisfacción del cliente. Al mejorar la calidad, los costos unitarios disminuyen, lo que puede llevar a una reducción de precios, una expansión y fortalecimiento del mercado, y que la empresa sea sostenible en el tiempo.

En una época pasada las organizaciones eran pensadas como una burocracia, donde había departamentos, áreas, gerencias y direcciones. Era la época en la que las empresas se parecían a los cuarteles en donde cada área se encargaba de lo suyo. La división de actividades era muy clara y, por lo tanto, la jerarquización y la burocracia hacían lo suyo. Recordemos que la escasa tecnología de la información y la nula automatización hacían que se necesitara una gran cantidad de personas que hagan tareas muy básicas y repetitivas y sin descartar la posibilidad de que pudieran cometer un error (Joanidis, 2020). Mientras que, en la época actual se habla de la gestión por procesos que mantiene un enfoque de administración centrado en la organización y mejora de las actividades dentro de una empresa; es decir, en lugar de enfocarse únicamente en áreas o departamentos individuales, la gestión por procesos considera cómo fluyen las actividades a través de diferentes etapas para lograr un objetivo final.

Este enfoque, ve a los procesos como conjunto de actividades interrelacionadas que transforman entradas en salidas, agregando valor a lo largo del camino para poder obtener resultados acordes a las expectativas del cliente. Por ello, se debe identificar los procesos necesarios para el funcionamiento del negocio, y gestionarlos convenientemente. Pero ¿cómo gestionamos las actividades para dirigir y controlar? o ¿Cómo llevamos una gestión por procesos eficaz? El ciclo PHVA es un mecanismo que se puede

gestionar. También se le llama ciclo de mejora continua (CIC, por sus siglas del inglés Continuous Improvement Cycle) o ciclo de Deming porque fue popularizado por Edwards Deming, ²⁰ planificar – hacer – verificar – actuar (PDCA, por sus siglas del inglés Plan, Do, Check, Act). Además, la gestión de procesos implica: reorganizar horizontalmente o, si eso no es posible, nombrar gerentes de procesos que hagan coincidir la estructura de la organización con la interconectividad de los procesos y garantizar una visión holística de su negocio como una red de procesos conectados diseñados para satisfacer ⁹ las necesidades de los clientes internos y externos. Es importante tener en cuenta que la cantidad de clientes internos adquiere una importancia adicional porque muchos de los procesos que ha desarrollado producen resultados que no van directamente a sus clientes. clientes externos.

⁶ Por otra parte, se debe mantener un pensamiento holístico, es decir, extender el enfoque a procesos a todas las áreas de la empresa (Pardo, 2017). Con el paso del tiempo, la evolución hacia la ²⁹ transformación digital en las empresas comenzó con la introducción y empleo de dispositivos electrónicos relativamente básicos que eran comunes en la era digital. En la actualidad, La implementación de la transformación digital en las empresas implica la incorporación y uso de tecnologías digitales en su operatividad y en sus interacciones con el entorno, esto se lleva a cabo principalmente para adecuarse a los cambios globales, actualizar sus métodos, optimizar sus procesos y aumentar la eficiencia, con el fin de alcanzar niveles de competitividad superiores en la industria (Páez et al., 2022).

⁷ La Industria 4.0, también conocida como la cuarta revolución industrial, es un término utilizado para describir la forma en que las tecnologías digitales se integran en los procesos de fabricación y producción. El término se deriva de la idea de que las tecnologías digitales pueden integrarse en sistemas físicos. Esto incluye cosas como ²⁶ Internet de las cosas, computación en la nube, inteligencia artificial y análisis de datos. Después de comprender el alcance del concepto de industria 4.0, se percibe como una parte integral de la Transformación Digital Integral (TDI), especialmente relacionada ⁴ con la fabricación de productos. Sin

embargo, una empresa industrial debe progresar en todos los aspectos hacia la transformación digital. Se enfrenta a la situación en la que los líderes de estas empresas están atrapados en tareas cotidianas que consumen su tiempo, como la gestión de documentos legales, procedimientos, participación en reuniones, entre otras. Al analizar el tiempo que estos líderes dedican a estas tareas burocráticas, se puede identificar un punto de congestión. Como señala Martínez (2019) la Transformación Digital Integral (TDI) abarca lo que se ha observado en la industria 4.0. Además de la gestión automatizada e inteligente.

De acuerdo con Gallegos (2020) en su tesis denominada "Mejora en la productividad para la fabricación de tambores metálicos en una empresa metalmeccánica en base a la implementación de la metodología "5S" (Gallegos, 2020) este proyecto técnico fue desarrollo en la empresa metal mecánica "Filaret S.A", ubicada en el cantón de Durán, Guayaquil. Esta empresa está vinculada a la agroindustria y se especializa en el suministro de tambores metálicos de 55-60 galones de capacidad. El objetivo del proyecto fue analizar la productividad y el entorno de las áreas del proceso productivo, dado que en el mercado actual, todas las empresas, independientemente de su tamaño, deben ser eficientes y garantizar la seguridad laboral de sus colaboradores, mejorando así el flujo de trabajo de cada proceso. Por este motivo, se planteó la oportunidad de implementar la metodología "5S" para la fabricación de los tambores metálicos, con el fin de mejorar la productividad de la empresa. Para ello, se llevó a cabo un diagnóstico de la situación actual de la empresa, identificando una serie de pasos de la metodología a seguir para la ejecución de la implementación de las "5S" en todas las áreas del proceso de la empresa. Además, se realizó un estudio de tiempos y movimientos para analizar el nivel de productividad de cada producto elaborado por la empresa.

Desde el punto vista de Barba et al. (2021) en su artículo científico denominado "Factores que inciden en la implementación de técnicas de prototipado rápido en empresas dedicadas al diseño de mobiliario en Quito, Ecuador" se presentan los factores que impiden la implementación de técnicas de prototipado rápido que tienen un impacto en empresas dedicadas al diseño

de muebles en Ecuador. ² Para establecer estos factores, se llevó a cabo un análisis de campo en empresas y personas involucradas en el área del diseño industrial. Se desarrolló un modelo de regresión logística para obtener un valor cuantitativo que determinara la viabilidad de implementar prototipado rápido, así como la influencia de diferentes factores que afectan la toma de decisiones; los resultados muestran la existencia de factores limitantes para el desarrollo de esta tecnología, además, se muestra la importancia de su implementación dentro de la industria del diseño de muebles según las tabulaciones, ² demostrando así la oportunidad de mercado de esta tecnología en la capital del Ecuador.

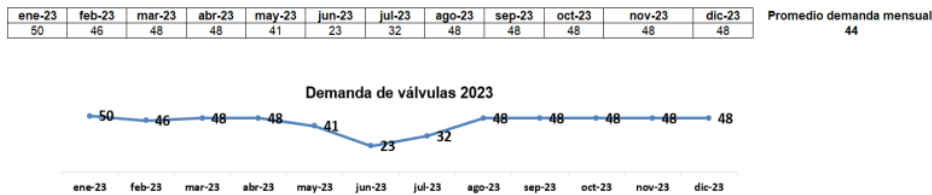
4. MÉTODO

4.1 Gestión por procesos

A continuación, se describe a nivel de la gestión por procesos la fabricación de válvulas en FUNDIEC S.A. Es preciso mencionar las siguientes consideraciones antes de describir al proceso, la demanda de válvulas, en promedio, en año 2023 fue de 44 unidades (véase figura 4).

Figura 4

Demanda de válvulas en el 2023



Nota. Se visualiza la demanda de válvulas por mes del 2023

Debido a que las válvulas no es único producto que FUNDIEC S.A fabrica, por política corporativa se ha decidido que la producción, se la realiza la cuarta semana de cada mes; es decir, se trabaja cinco días al mes en un turno de ocho horas con sesenta min de almuerzo. Conociendo, que la cantidad promedio válvulas al mes es 44, se obtiene un Takt Time 3068 s / válvula o se puede decir que el cliente está dispuesto a adquirir una válvula cada 3680 s o 51 min.

Tabla 1

Takt time

DATOS

Días de Trabajo	5	días / mes
hrs. por turno	8	h/día
turnos	1	Turno
Tiempo de Almuerzo	30	min / día

CÁLCULO

Tiempo disponible efectivo	450	min / día
Tiempo disponible efectivo	27000	seg / día
Demanda diaria	8.8	Hidrantes / día
TAKT TIME	51	min / válvula
TAKT TIME	3068	seg / válvula

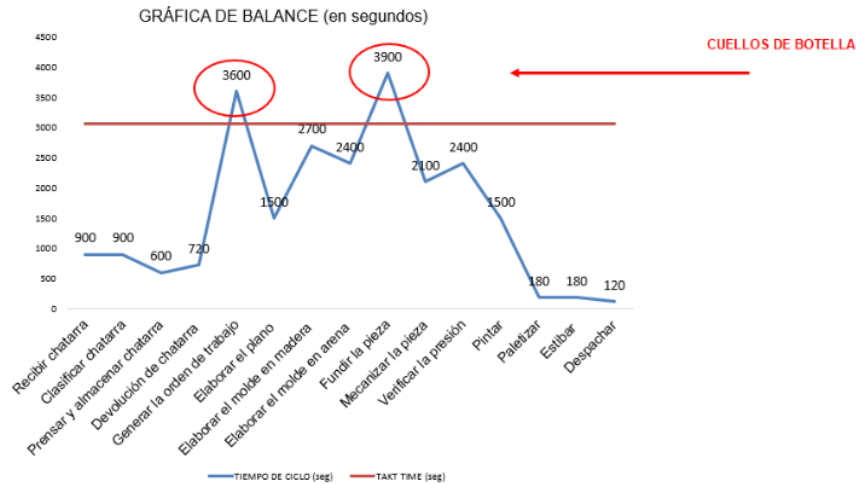
Los clientes de FUNDIEC están dispuestos a comprar una pieza cada 3068 seg / válvula

Nota. Muestra la velocidad de la demanda

Sabiendo, que el *tack time* es 3068 s / válvula y visualizando la figura de balance, se determina que el proceso de fundición está en desbalance con un tiempo mayor al *tack time*, siendo el cuello de botella las actividades de generar la orden de trabajo y fundir la pieza.

Figura 5

Balance



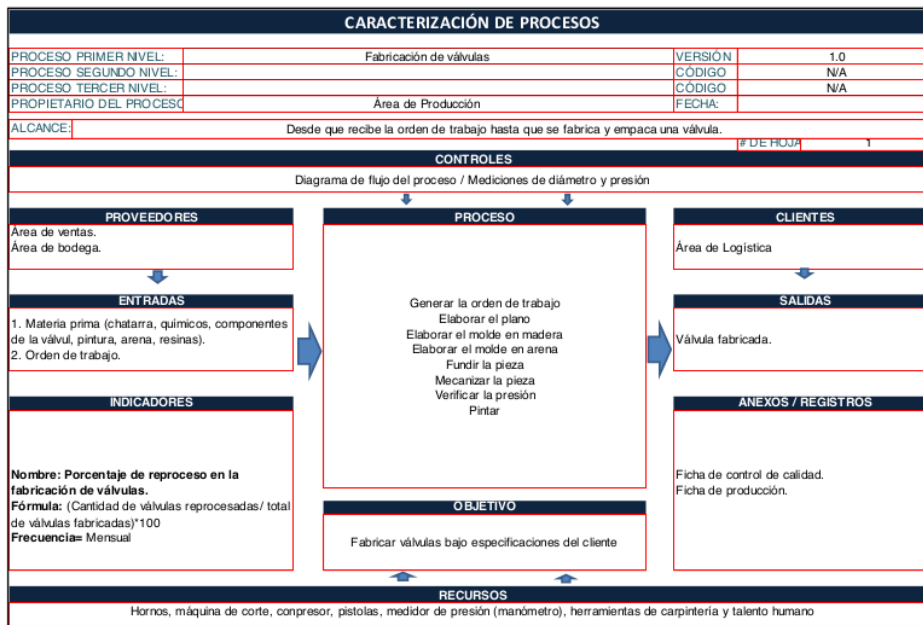
Nota. Se visualiza los cuellos de botella

4.1.1 Caracterización del proceso

A continuación, se caracteriza al proceso de fabricación de válvulas, en la cual se resalta el indicador “porcentaje de reproceso en la fabricación de válvulas”, que para el año 2023 fue del 40%, ya que se reprocesaron 212 de 528 válvulas fabricadas.

Figura 6

Caracterización del proceso



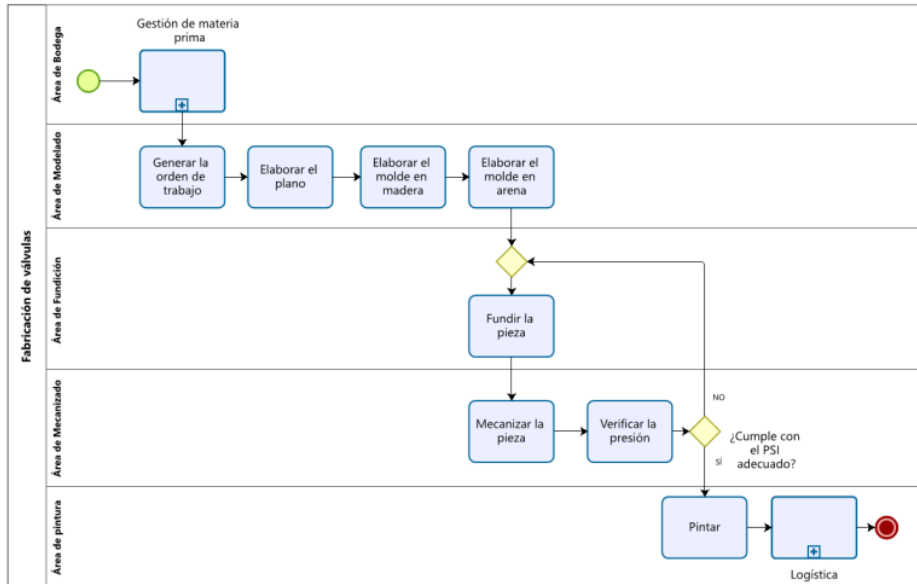
Nota. Muestra el SIPOC

4.1.2 Modelado de procesos de la situación actual

Se representa mediante un diagrama de flujo la situación actual del proceso fabricación de válvulas (véase la figura 7).

Figura 7

Diagrama de proceso “fabricación de válvulas”



Nota. Se visualiza cada actividad del proceso

4.2 Análisis de datos

FUNDIEC S.A a lo largo del año 2023 ha producido 528 válvulas de las cuales 212 han sido reprocesadas por incumplimiento en el criterio de resistencia de presión, los datos del levantamiento de información se encuentran en el anexo A: “PSI de cada válvula fabricada en el año 2023”.

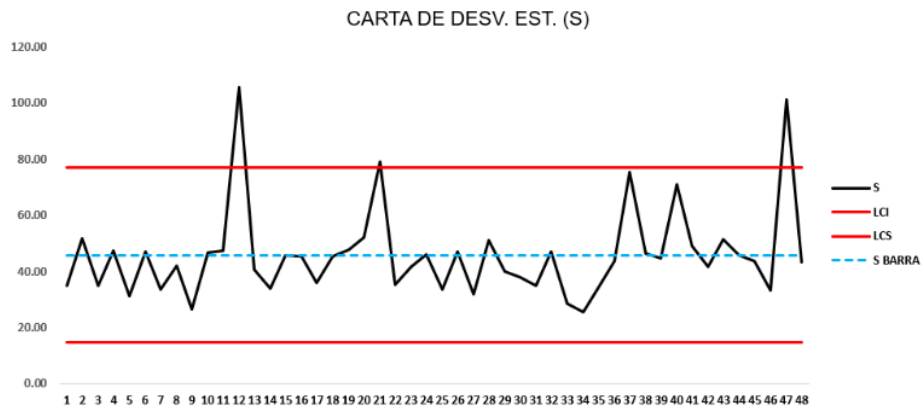
4.2.1 Control estadístico de procesos

Tabla 2

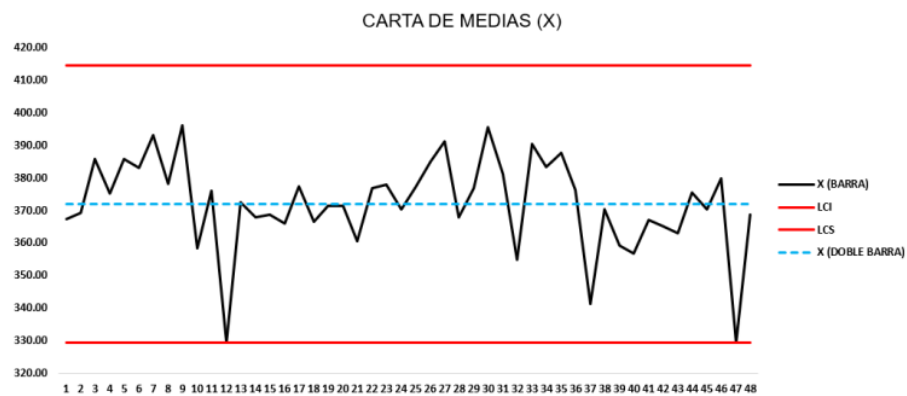
Resumen gráficas de control de Desviación estándar y medias

Datos	Carta	Resultado	Interpretación
Tamaño de la muestra =11 Cantidad de subgrupos = 48 C4 = 0.9754 S (media) = 45.9276	Carta S	LCS = 77.07 S (media) = 45.9276 LCI = 14.79	El proceso no es estable dos de sus 48 subgrupos no están dentro de los límites de control (con respecto a la media). Además, existe mucha variabilidad en los datos, lo que amerita un análisis de causas para mitigarla.
Tamaño de la muestra =11 Cantidad de subgrupos = 48 C4 = 0.9754 X(media) = 372.03	Carta X	LCS = 414 X(media) =372.03 LC I= 329.44	

Nota. Resume los resultados de la carta X y S

Figura 8*Carta de Desviación Estándar (s)*

Nota. Muestra las desviaciones en S

Figura 9*Carta de medias (x)*

Nota. Muestra las desviaciones en X

4.2.2 Capacidad del proceso

Es preciso mencionar de forma resumida los datos obtenidos y criterios de resistencia determinados por FUNDIEC S.A:

Tabla 3

Cantidad de válvulas fabricadas en el 2023

PRODUCTO	CANTIDAD DE VÁLVULAS FABRICADAS EN EL 2023												TOTAL
	ene-23	feb-23	mar-23	abr-23	may-23	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23	nov-23	dic-23	
VÁLVULAS	50	46	48	48	41	23	32	48	48	48	48	48	528

Nota. Muestra la producción de válvulas en el 2023

Criterio para la resistencia de presión

Nominal = 400 PSI

Límite superior = 410 PSI

Límite inferior = 315 PSI

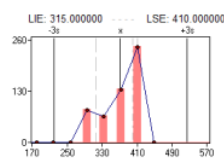
Figura 10

Información estadística

Datos: 528
Mínimo: 45.000000
Máximo: 430.000000
Rango: 385.000000

media: 372.028409
sigma: 50.715386
sesgo: -1.840458
curtosis: 6.806091

X-3s: 219.882250 X-4s: 169.166863 X-5s: 118.451477 X-6s: 67.736090
X+3s: 524.174569 X+4s: 574.889955 X+5s: 625.605341 X+6s: 676.320728



Cp: 0.312200
Cpk: 0.249573
CPS: 0.249573
CPI: 0.374826
Pp: 0.312200
Ppk: 0.249573
PPS: 0.249573
PPI: 0.374826
CR: 3.203077
PR: 3.203077

ZLSE: 0.748719
ZLIE: 1.124479

Proporciones fuera de especificación:

Arriba: 0.227013
Abajo: 0.130405
Total: 0.357418 (35.741843 %)

ARL (± 3 sigma): 3

Nota. Muestra medidas estadísticas de la capacidad del proceso.

Tabla 4

Capacidad del proceso de fabricación de válvulas

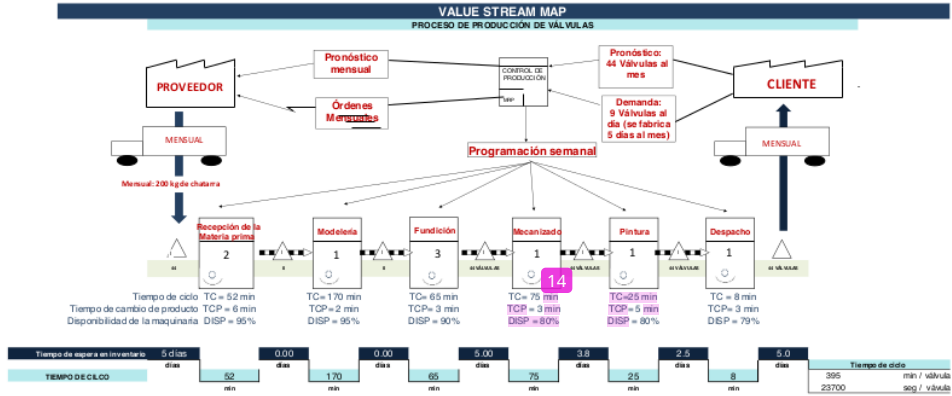
Datos	Fórmula	Resultado	Conclusión
Datos: 528 $\sigma = 50.7154$ $\mu = 372.0284$ ES= 410 EI= 315	$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$	$C_p = 0.31$	El Cp es menor que 0.67, se concluye que hay mucha variabilidad en los datos, no se está cumpliendo con la especificación en cuanto a la presión que deben resistir las válvulas. Gran cantidad de datos sale de las especificaciones. Se requiere modificaciones muy serias.
Datos: 528 $\sigma = 50.7154$ $\mu = 372.0284$ ES= 410 EI= 315	$C_{pk} = \text{Mínimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right]$	$C_{pk} = [0.375; 0.2495]$	Debido a que C_{pk} es menor que uno, se concluye que el proceso no cumple con las especificaciones dadas. Adicional, Cp y el Cpk son diferentes, entonces el proceso no está centrado. En conclusión, el proceso no es capaz.

Nota. Concluye los resultados del Cp y Cpk

4.2.3 VSM actual

A continuación, se presenta el mapa de valor actual, en el cual se puede evidenciar que el tiempo de ciclo es de 23,700 s / válvula.

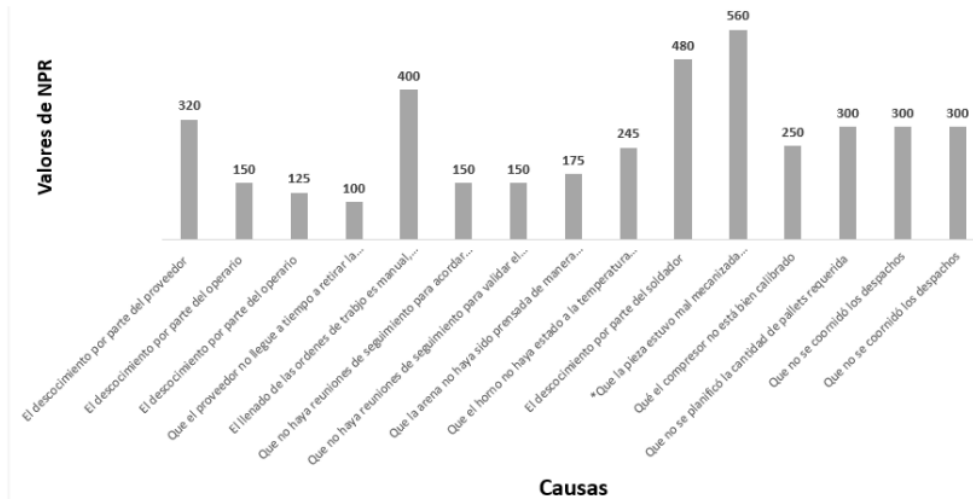
Figura 11
Value Stream Map (actual)



Nota. Describe el tiempo de ciclo del proceso

4.2.4 AMEF inicial

Figura 12
AMEF – NPR inicial



Nota. Muestra el número de prioridad de riesgo inicial

Se analizó el modo de falla con sus respectivas causas de cada actividad del proceso fabricación de válvulas, ver el anexo B: “AMEF inicial”, arrojando que las tres causas con el mayor número de prioridad de riesgo son: La pieza mal mecanizada, desconocimiento por parte del soldador y el llenado de las órdenes de trabajo de forma manual (véase la figura 12).

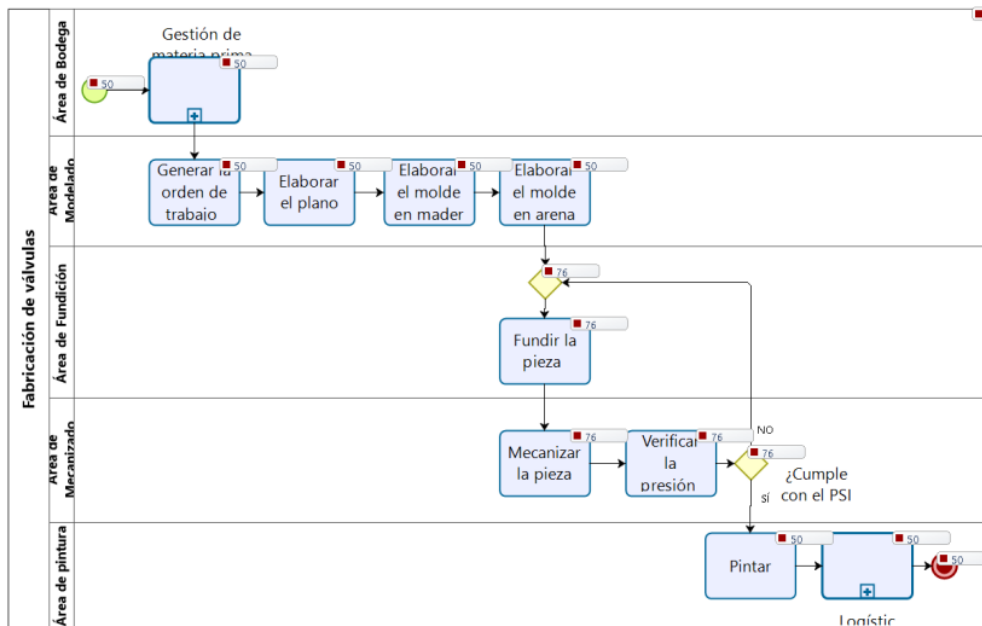
4.2.5 Simulación del proceso

Con la ayuda del Software Bizagi Modeler, se modela y simula el proceso de fabricación de válvulas, siguiendo los siguientes pasos:

Validación del proceso: El proceso fue validado; es decir, las conexiones y artefactos fueron utilizados de manera correcta, la cantidad de entradas se corresponde con la cantidad de salidas (véase la figura 13).

Figura 13

Validación del proceso simulado



Nota. Se visualiza el proceso validado, sin errores

Análisis de tiempo: En este apartado de la simulación se agrega la frecuencia de llegada y duración de cada actividad. Se realizó un levantamiento de información, en donde se pudieron obtener los siguientes tiempos.

Tabla 2

Análisis de tiempo

MACRO ROCESO	PROCESOS	ACTIVIDAD	TIEMPO DE CICLO (min)
GESTIÓN DE MATERIA PRIMA	RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA	Recibir chatarra	15
		Clasificar chatarra	15
		Prensar y almacenar chatarra	10
		Devolución de chatarra	12
PROTOTIPADO	MODELERÍA	Generar la orden de trabajo	60
		Elaborar el plano	25
		Elaborar el molde en madera	45
		Elaborar el molde en arena	40
FABRICACIÓN	FUNDICIÓN	Fundir la pieza	65
	MECANIZADO	Mecanizar la pieza	35
		Verificar la presión	40
	PINTURA	Pintar	25
	LOGISTICA DE SALIDA	DESPACHO	Paletizar
Estibar			3
Despachar			2

Nota. Se visualiza el tiempo de ciclo de cada actividad del proceso

Análisis de recursos: En este apartado se asignó los recursos a cada actividad, siendo estos:

Figura 14

Recursos

Recursos	Cantidades
Bodeguero 1	1
Bodeguero 2	1
Jefe de producción	1
Modelador	1
Fundidor	1
Mecanizador	1
Mecanizador 2	1
Pintor	1

Nota. Muestra la cantidad de recursos con los que cuenta el proceso

Análisis de calendario: En el cuarto apartado generó los calendarios de la jornada laboral, como son: horario de la mañana, horario del almuerzo y horario de la tarde que posteriormente fueron asignados a cada recurso.

Figura 15
Calendario

The screenshot shows a window titled 'Calendarios' with a close button in the top right corner. On the left side, there is a list of calendar items: 'Horario de la mañana' (selected), 'Horario del almuerzo', and 'Horario de la tarde'. Below this list are two buttons: 'Agregar' and 'Borrar'. The main area of the window is divided into three sections:

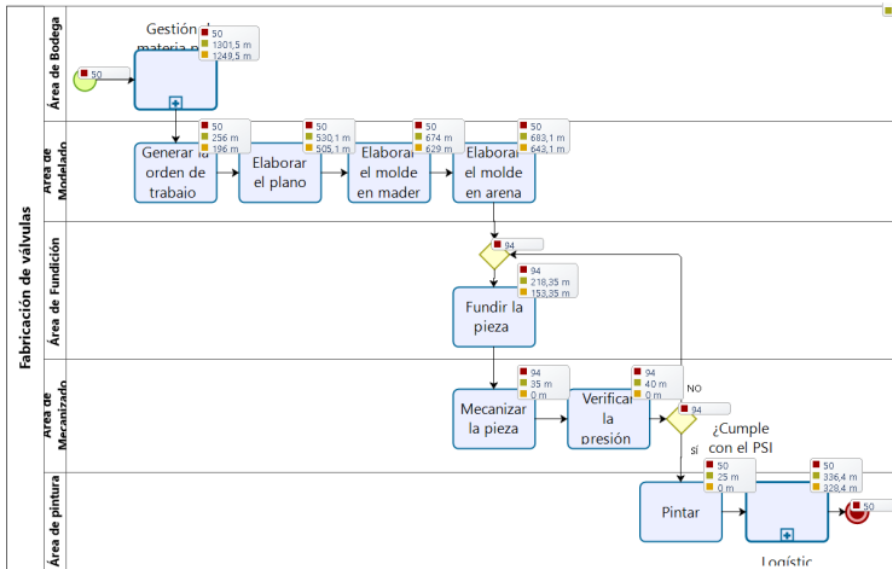
- Calendario:** Contains a text field for 'Nombre' with the value 'Horario de la mañana', a time selector for 'Hora de inicio' set to '08:00 AM', and a dropdown menu for 'Duración' set to '4 horas'.
- Patrón de recurrencia:** Includes radio buttons for 'Diaria', 'Semanal' (selected), 'Mensual', and 'Anual'. To the right, it says 'Ocurre cada 1 semanas el:' followed by checkboxes for days of the week: 'Domingo' (unchecked), 'Lunes' (checked), 'Martes' (checked), 'Miércoles' (checked), 'Jueves' (checked), 'Viernes' (checked), and 'Sábado' (unchecked).
- Rango de recurrencia:** Includes a date field for 'Inicio' set to '03/10/2024'. Below it are three radio button options: 'Sin fecha final' (selected), 'Termina después de: 10 ocurrencias', and 'Termina el: 03/10/2024'.

Nota. Muestra los horarios asignados a cada recurso

Finalmente, al correr la simulación se obtienen los siguientes resultados:

Figura 16

Proceso simulado



Nota. Se visualiza el proceso simulado en Bizagi

Tabla 3

Informe de la simulación

Recursos		Proceso vs tiempos					
Recurso	Uso	Información del Escenario Nombre: Escenario 1 Unidad de tiempo: Minutos Duración: 005,00:00:00					
Bodeguero 1	41,67 %	Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo	Tiempo máximo
Bodeguero 2	41,67 %	Fabricación de válvulas	Proceso	0	50	1d 19h 28m	4d 22h 55m
Jefe de producción	41,67 %	¿Cumple con el PSI adecuado?	Compuerta	94	94		
Modelador	76,39 %	NoneStart	Evento de inicio	50			
Fundidor	84,86 %	TerminateEnd	Evento de Fin	50			
Mecanizador 2	52,22 %	Pintar	Tarea	50	50	25m	25m
Pintor	17,36 %	Verificar la presión	Tarea	94	94	40m	40m
Mecanizador 1	45,69 %	Mecanizar la pieza	Tarea	94	94	35m	35m
	Total	Fundir la pieza	Tarea	94	94	1h 5m	12h 50m
		Elaborar el molde en mader	Tarea	50	50	45m	17h 50m
		Elaborar el plano	Tarea	50	50	25m	17h 25m
		Generar la orden de trabajo	Tarea	50	50	1h	7h 32m
		Elaborar el molde en arena	Tarea	50	50	1h 5m	17h 30m
		ExclusiveGateway	Compuerta	94	94		
		Gestión de materia prima	Tarea	50	50	52m	1d 18h 31m
		Logística	Tarea	50	50	8m	1d 12h 36m

Nota. Resume los resultados de la simulación

Fruto del informe de la simulación del proceso de fabricación de válvulas, se concluye que ningún recurso está con sobrecarga, el pintor y los bodegueros están siendo subutilizados. En cuanto a tiempos, la simulación refleja la realidad de la producción; es decir, producir válvulas en la cuarta semana del mes. En el flujograma se puede observar el 40% de válvulas que tienen que reprocesarse, representando \$ 53 adicionales por cada pieza reprocesada.

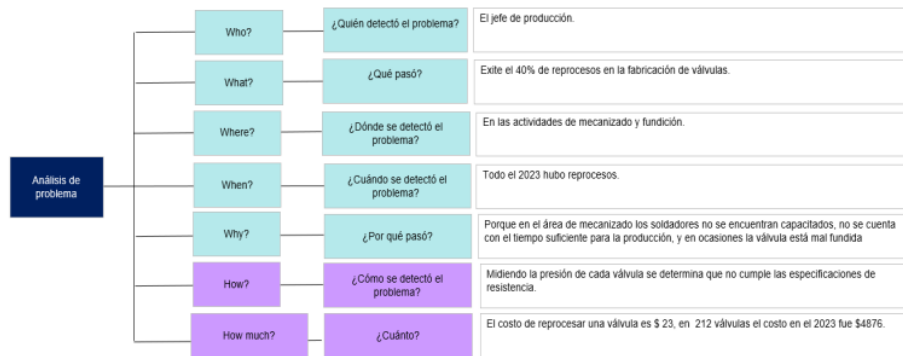
4.3 Análisis del problema real con datos del proceso

4.3.1 Método 5 W2H

La figura 17 describe el problema de reproceso en la fabricación de válvulas.

Figura 17

Modelo 5 W2H

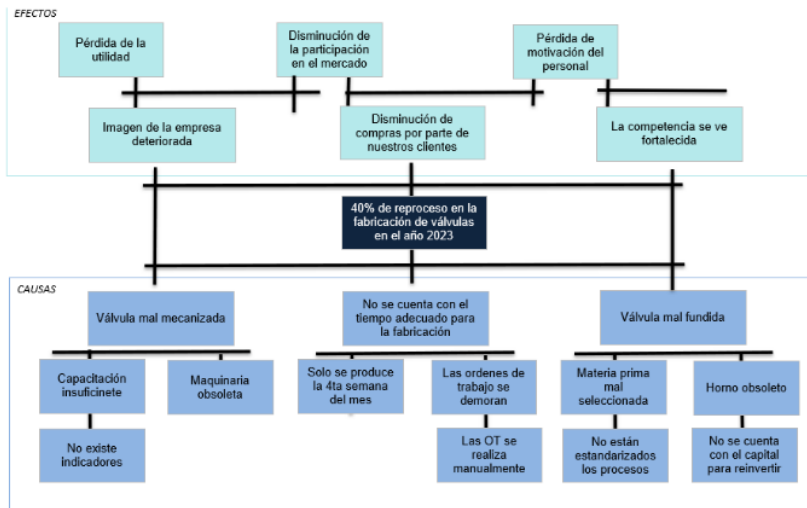


Nota. Describe el problema

4.3.2 Árbol de problemas

El árbol de problemas muestra las causas más relevantes que contribuyen con el problema de reproceso en la fabricación de válvulas en el año 2023, siendo éstas: Los procesos no están estandarizados por lo que hay una carencia de indicadores, las órdenes de trabajo se realizan manualmente y la maquinaria es obsoleta.

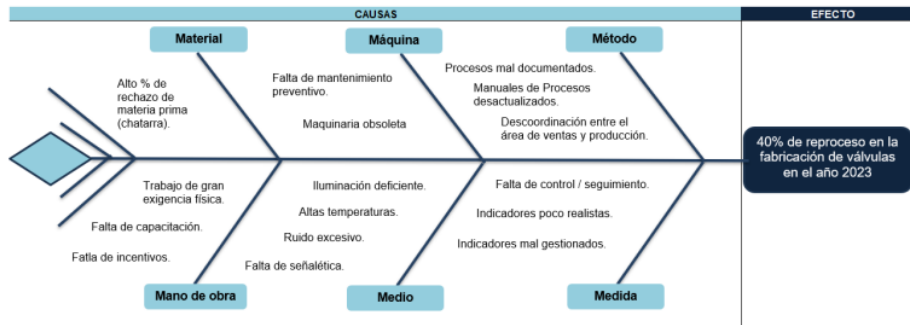
Figura 18
Árbol de problemas



Nota. Describe el problema. Adaptación de Burgasí et al. (2021) por Chancusig y Morales 2024.

4.3.3 Diagrama de Ishikawa

Figura 19
Diagrama de Ishikawa



Nota. Describe el problema. Adaptación de Burgasí et al. (2021) por Chancusig y Morales 2024.

Mediante el diagrama de Ishikawa se ilustra varias causas por las que probablemente en el año 2023 existió el 40% de reproceso en la fabricación de válvulas. Más adelante cada causa será analizada con el fin de determinar las más relevantes, mismas que ameritarán ser mitigadas.

4.4 Priorización de problemas

Una vez que se han detectado las causas del problema con la ayuda de las tres herramientas (5W2H, árbol de problemas y el diagrama de Ishikawa) se las prioriza a través del levantamiento de incidencias en el año 2023 con el fin de mitigar las que tengan mayor incidencia en el problema.

4.4.1 Priorización mediante Pareto

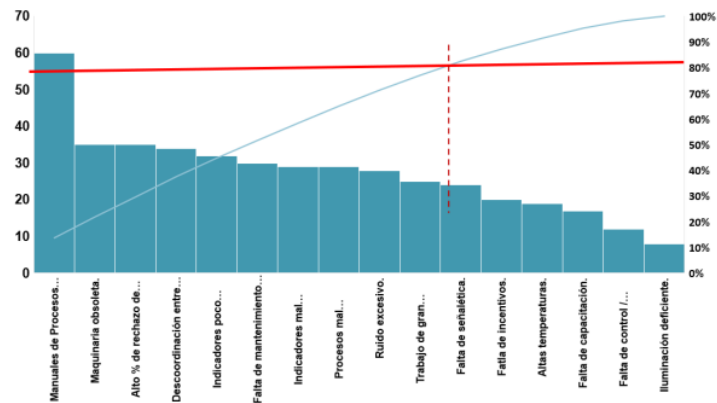
Se realiza un Diagrama de Pareto con el fin de encontrar las causas con mayor peso o relevancia, para ello se consideraron el número de incidencias por cada causa.

Tabla 4

Número de incidencias

CAUSAS	NÚMERO DE INDIDENCIAS	% DEL TOTAL	% ACUMULADO
Manuales de Procesos desactualizados.	60	13.73%	13.73%
Maquinaria obsoleta.	35	8.01%	21.74%
Alto % de rechazo de materia prima (chatarra).	35	8.01%	29.75%
Descoordinación entre el área de ventas y producción.	34	7.78%	37.53%
Indicadores poco realistas.	32	7.32%	44.85%
Falta de mantenimiento preventivo.	30	6.86%	51.72%
Indicadores mal gestionados.	29	6.64%	58.35%
Procesos mal documentados.	29	6.64%	64.99%
Ruido excesivo.	28	6.41%	71.40%
Trabajo de gran exigencia física.	25	5.72%	77.12%
Falta de señalética.	24	5.49%	82.61%
Falta de incentivos.	20	4.58%	87.19%
Altas temperaturas.	19	4.35%	91.53%
Falta de capacitación.	17	3.89%	95.42%
Falta de control / seguimiento.	12	2.75%	98.17%
Iluminación deficiente.	8	1.83%	100.00%
	437	100.00%	

Nota. Muestra la cantidad de incidencias por cada causa.

Figura 20*Diagrama de Pareto*

Nota. Se visualiza las causas con mayor incidencia en el problema.

En cumplimiento con el objetivo específico número 1, se puede visualizar que 11 de las 16 causas son las de mayor relevancia en el reproceso de fabricación de válvulas en el 2023, siendo estas:

1. Manuales de Procesos desactualizados.
2. Maquinaria obsoleta.
3. Alto % de rechazo de materia prima (chatarra mal clasificada).
4. Descoordinación entre el área de ventas y producción.
5. Indicadores poco realistas.
6. Falta de mantenimiento preventivo.
7. Indicadores mal gestionados.
8. Procesos mal documentados.
9. Ruido excesivo.
10. Trabajo de gran exigencia física.
11. Falta de señalética.

5. PROPUESTA Y JUSTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

5.1 Propuestas de mejora

La tabla 5 describe la propuesta de mejora. Se ha definido el área involucrada, el objetivo, el nivel de prioridad, la herramienta de mejora que se propone utilizar, las actividades que se van a realizar y finalmente se menciona a qué objetivo, sea general o específico, responde la propuesta de mejora.

Tabla 5

Herramientas de mejora

#	Área / proceso	Objetivo	Prioridad (A,B,C)	Herramienta	Actividades a realizar	En cumplimiento a
1	Ingreso de Materia Prima	Mejorar la calidad del material recibido	A	Andon	Aplicar un control visual (Andon) para la clasificación de la chatarra.	Objetivo general
2	Planificación y Diseño	Asegurar cumplimiento de requisitos del cliente en planos y prototipos	A	Evento Kaizen	Actualizar los manuales de procesos, procedimientos e indicadores. Cada manual debe ser aprobado y debidamente socializado con el personal. El área de procesos es el responsable de mantener actualizados los manuales y documentos generados.	Obj 2
3	Fundición	Evitar defectos en la fundición	B	Evento Kaizen	Capacitar al personal en los siguientes temas: 1. Cómo leer un flujograma de proceso y sus indicadores. 2. Seguridad y salud en el trabajo. 3. Importancia del mantenimiento preventivo en las organizaciones. 4. Proceso de fundición. 5. Proceso de mecanizado.	Objetivo General Obj 2
4	Área de Ventas	Minimizar el tiempo y erradicar erros en la generación de la orden de trabajo	B	Evento Kaizen	Generar un flujo de proceso en donde se pueda generar la orden de trabajo de manera automatizada.	Obj 3
5	Área de Mantenimiento	Evitar retrasos por falta de mantenimiento	A	Mantenimiento Productivo Total (MPT)	Realizar mantenimiento productivo total (prensa, compresor, hornos, herramientas). 1. Mejora continua 2. Mantenimiento autónomo. 3. Mantenimiento preventivo. 4. Mantenimiento de	Objetivo general

#	Área / proceso	Objetivo	Prioridad (A,B,C)	Herramienta	Actividades a realizar	En cumplimiento a
					calidad. 5. Capacitación. 6. Seguridad.	
6	Área de Ventas y Producción	Mejorar la organización del espacio de trabajo	C	5 S	Aplicar 5 S en la planta de producción y oficinas.	Objetivo general

Nota. Muestra las herramientas de mejora a ser utilizadas.

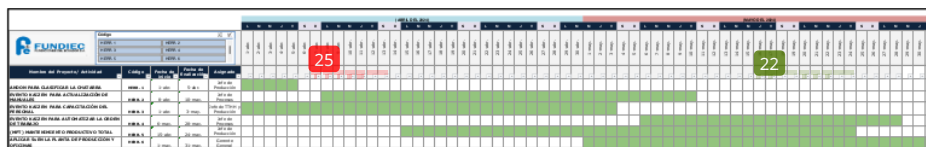
En cumplimiento con el objetivo específico número 3, se ha identificado que la generación de la orden de trabajo emplea mucho tiempo, ya que la realizan de forma manual; por lo que, se plantea realizar un evento KAIZEN en donde se pueda automatizarla; y así; disminuir tiempo y errores humanos.

5.2 Plan de mejora

A continuación, se presenta la planificación para la ejecución de las distintas herramientas de mejora planteadas, para ello, se utiliza un diagrama de Gantt con una duración total de dos meses, el mes de abril y mayo de 2024. Por cada proyecto o herramienta de mejora se coloca un responsable, quién será el encargado de dar seguimiento a la ejecución de las actividades planteadas. Para visualizar de manera detallada el desglose de actividades, por favor revisar el anexo C: “Diagrama de Gantt (planificación desglosada)”.

Tabla 6

Diagrama de Gantt



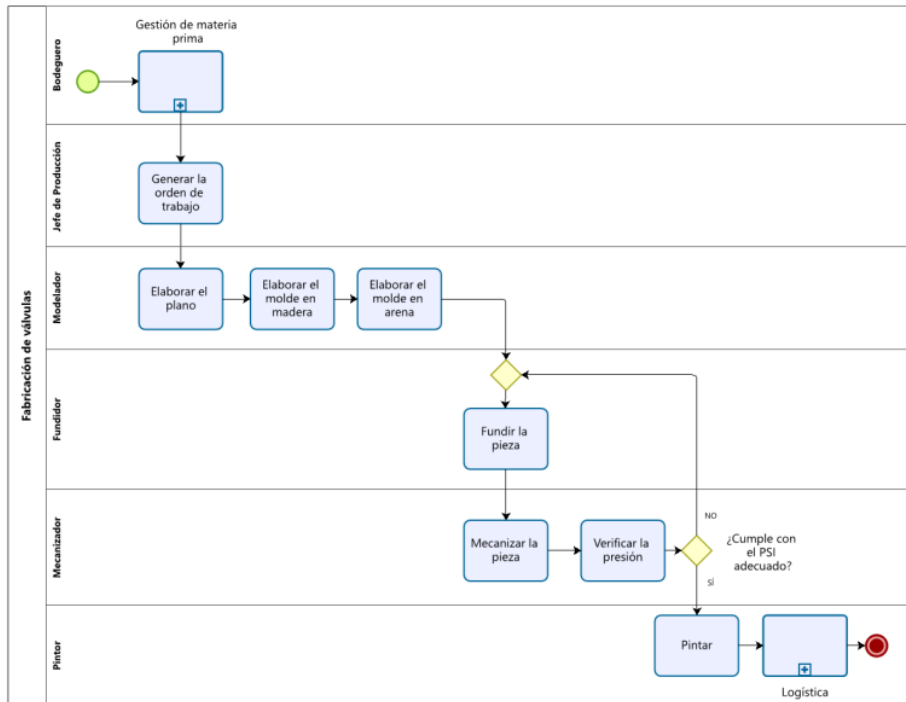
Nota. Muestra la planificación para la mejora planteada.

5.2.1 Modelado de procesos mejorado

En cumplimiento con el objetivo específico número 2, se plantea un flujo de procesos mejorado, en donde se cambia las áreas por puestos de trabajo, además, se incluye un “Line” con el nombre de “Jefe de Producción” quién es la persona encargada de la actividad “Generar la orden de trabajo” en donde existía un cuello de botella (véase la figura 21).

Figura 21

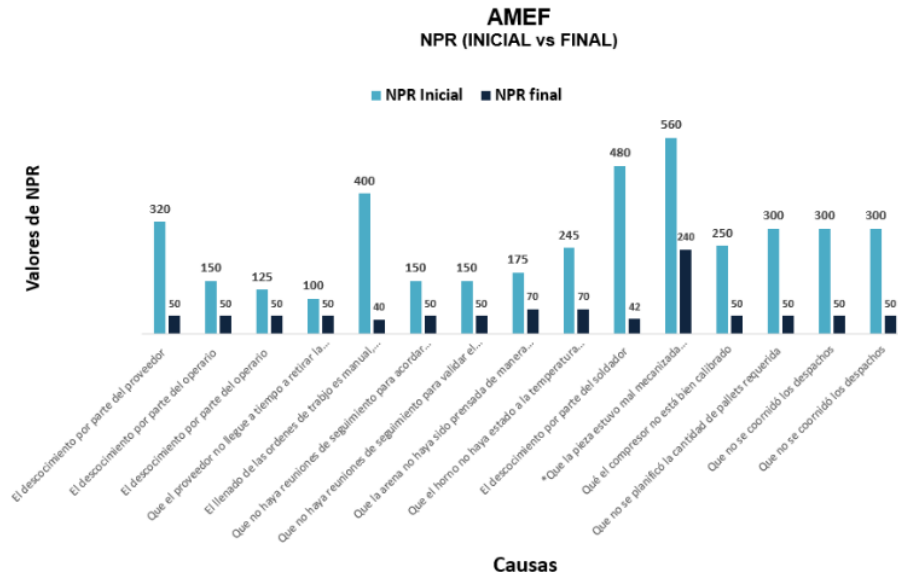
Diagrama de procesos mejorado



Nota. Se visualiza el proceso "Fabricación de Válvulas" mejorado.

5.2.2 AMEF final

En la figura 22 se puede observar que el nivel de prioridad de riesgo final ha reducido significativamente frente al inicial.

Figura 22*NPR final vs inicial*

Nota. Muestra el número de prioridad de riesgo inicial vs final.

5.2.3 Simulación final

Para la simulación final se plantea, reducir el recurso “Mecanizador 2” y añadir un “Line” con el nombre de “Jefe de Producción” quién ²⁴ es la persona encargada de la actividad “Generar la orden de trabajo”, en donde existía un cuello de botella. Con ello, se mejora el porcentaje de utilización del “Mecanizador 1” y se reduce el cuello de botella en la generación de la orden de trabajo.

Cabe mencionar que, aunque el recurso “Pintor” y los “Bodegueros” parecen estar subutilizados con el 17.36% y 41.67, respectivamente; no es así, ya que FUNDIEC S.A. necesita dichos recursos para pintar otras piezas metálicas que no son objeto de este estudio.

Figura 23*Informe final de uso de recursos*

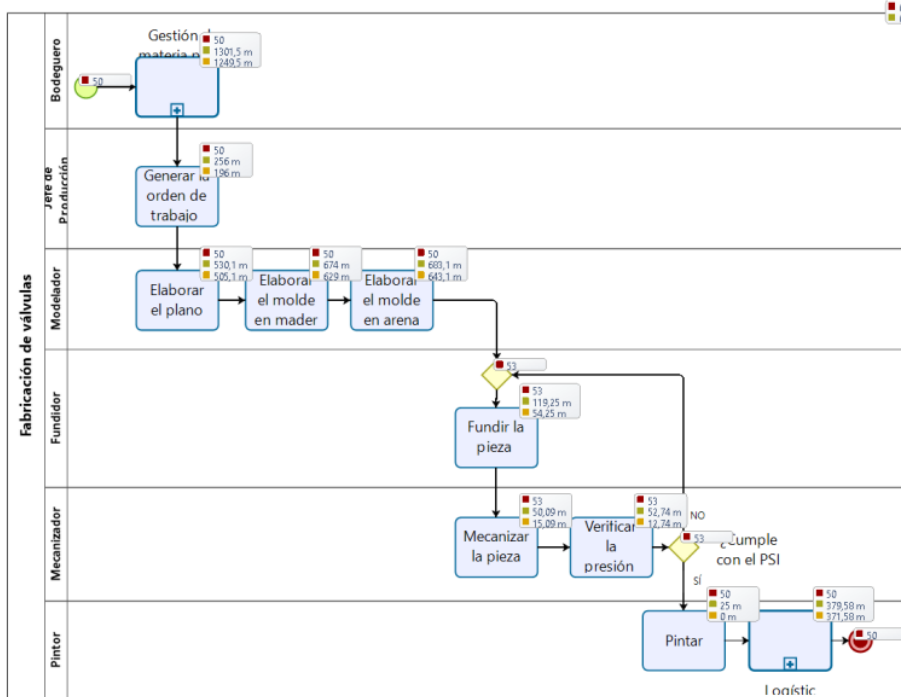
Información del Escenario	
Nombre	Escenario 1
Unidad de tiempo	Minutos
Duración	005,00:00:00
Recurso	Uso
Bodeguero 1	41,67 %
Bodeguero 2	41,67 %
Jefe de producción	41,67 %
Modelador	76,39 %
Fundidor	47,85 %
Pintor	17,36 %
Mecanizador 1	55,21 %

Nota. Resume los resultados de la simulación

En cumplimiento con el objetivo general, se realizó la simulación para un mes, en promedio 50 válvulas fabricadas, de las cuales nada más 3 fueron reprocesadas, pasando del 40% al 5% en cuanto al porcentaje de reproceso (véase la figura 24).

Figura 24

Proceso simulado, mejorado



Nota. Se visualiza el proceso mejorado y simulado en Bizagi

5.2.4 FlexSim inicial vs final

Con ayuda del Software FlexSim se plantea la simulación y los resultados tanto de forma inicial como final, ver la tabla 7.

Tabla 7

Resultados del FlexSim

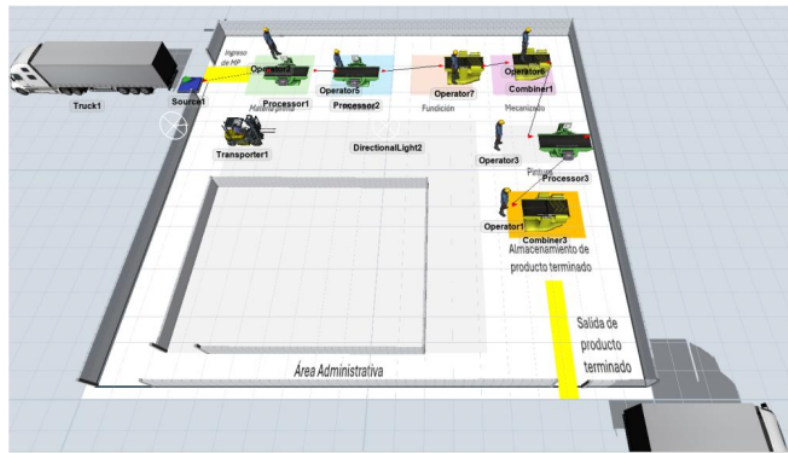
Resultados FLEXIM (inicial)		Resultados FLEXIM (final)	
Tasa de reproceso	40% en el proceso de mecanizado	Tasa de reproceso	5% en el proceso de mecanizado
Tiempo de reproceso	65 min por pieza.	Tiempo de reproceso	35 min por pieza.
Costo de reprocesos	\$ 23 por pieza reprocesada.	Costo de reprocesos	53\$ por pieza reprocesada.
Rendimiento del personal	Bodeguero 1: 41.67% Bodeguero2: 41.67% Jefe de Producción: 41.67% Modelador: 76.39% Fundidor: 84.86%	Rendimiento del personal	Bodeguero 1: 41.67% Bodeguero2: 41.67% Jefe de Producción: 41.67% Modelador: 76.39% Fundidor: 47.85%

Resultados FLEXIM (inicial)		Resultados FLEXIM (final)	
	Mecanizador 1: 45,69% Mecanizador 2: 52,22% Pintor: 17,36%		Mecanizador 1: 55,21% Pintor: 17,36%
Unidades de entrada	Materia prima para 50 válvulas.	Unidades de entrada	Materia prima para 50 válvulas.
Unidades de salida	50 válvulas.	Unidades de salida	50 válvulas.

Nota. Resumen de los resultados del FlexSim inicial y final.

Figura 25

Proceso mejorado en FlexSim



Nota. Resume los resultados del FlexSim inicial y final.

5.3 Análisis costo – beneficio

Se determina un costo total del proyecto de mejora de \$3,600, bajo el siguiente detalle descrito en la tabla 8.

Tabla 8

Costo del proyecto de mejora

Costo del proyecto de mejora	\$ 3.600
Andon para clasificar la chatarra	\$ 500
Evento Kaizen para actualización de manuales	\$ 1.000
Evento Kaizen para capacitación del personal	\$ 500
Evento Kaizen para automatizar la orden de trabajo	\$ 400
mantenimiento productivo total (MPT)	\$ 1.000
Aplicar 5 S en la planta de producción y oficinas	\$ 200

Nota. Muestra el desglose del costo del proyecto de mejora.

Teniendo en cuenta un escenario para el 2024 igual al del 2023 en cuanto a la demanda de válvulas; y, sabiendo, por la simulación de procesos, que el

porcentaje de reproceso en la fabricación de válvulas bajó del 40% al 5%, se realiza un análisis de costo – beneficio, en donde se puede evidenciar un beneficio económico para el 2024 de \$ 6,205, como lo muestra la tabla 9.

Tabla 9

Análisis costo beneficio

Sin la mejora (2023)				
	Cantidad de válvulas reprocesadas (2023)	Costo total de reproceso en el 2023	Costo del proyecto de mejora	
Costo de reproceso por válvula	40% o 212 válvulas de 528.	\$ 11.236	\$ 3.600	Escenario: beneficio en el 2024
	Con la mejora (2024)			
\$53	Cantidad de válvulas reprocesadas (2024)	Costo total de reproceso en el 2024	Escenario: ahorro en el 2024 (con la misma demanda del 2023)	Ahorro en el 2024 – costo del proyecto = \$ 6,205
	5% o 27 válvulas de 528.	\$ 1.431	\$ 9.805	

Nota. Muestra el costo del proyecto vs el beneficio a nivel económico.

Además del beneficio económico debido a la reducción del porcentaje de reproceso en la fabricación de válvulas, la implementación de la mejora evidenciará: personal capacitado, un proceso fluido (sin cuellos de botella), mantenimientos preventivos, reducción en el porcentaje de rechazo de materia prima (por mala clasificación), reducción de accidentes e incidentes laborales y, estandarización y mejoramiento de procesos.

5.4 Proyección de resultados

A continuación, se muestra los resultados que se espera obtener después de que se hayan ejecutado las actividades del plan de mejora. Es preciso mencionar que a través de la simulación de procesos se puede evidenciar que el indicador “Porcentaje de reproceso en la fabricación de válvulas” pasa de un 40% a un 5%, es evidente la reducción en el porcentaje de reproceso si se ejecutan los cambios planteados.

Así también, podemos observar que puntos críticos como: cuellos de botella, mantenimientos, rechazo de materia prima (por mala clasificación), accidentes/ incidentes laborales e indicadores, son mejorados de manera

significativa, generando una mejora al proceso productivo de válvulas y la rentabilidad de FUNDIEC S.A.

Tabla 10

Resultados esperados

Indicador	Puntos críticos						
	% de reproceso en válvulas	Cantidad de capacitaciones	Cuello de botella	Mantenimientos	% de rechazo de materia prima (por mala clasificación)	Accidentes / incidentes laborales	Indicadores
Antes	40% (en el 2023)	1 cada semestre	3600 s. En generar la orden de trabajo. 3900 s. En fundir la pieza.	1 al año, generalmente reactivo.	20% (en el 2023)	5 al trimestre.	5 indicadores sin seguimiento
Ahora (con la simulación / mejora propuesta)	5% (en una simulación para 2024)	1 cada mes	300 s. En generar la orden de trabajo. 2550 s. En fundir la pieza.	1 mensual, generalmente preventivo.	1% (esperado a raíz de la herramienta Andon)	0 al trimestre. (esperado a raíz del evento Kaizen para capacitación del personal)	10 indicadores con seguimiento (esperado a raíz del evento Kaizen para actualización de manuales)

Nota. Muestra la proyección de resultados.

6. DISCUSIÓN

Una serie de propuestas de mejora que abordan áreas específicas del proceso de fabricación de válvulas en FUNDIEC S.A. Estas propuestas se sustentan ³¹ en la necesidad de optimizar la eficiencia operativa, mejorar la calidad del producto y garantizar un entorno laboral seguro. Cada propuesta está cuidadosamente definida, con objetivos claros y niveles de prioridad asignados, lo que demuestra una comprensión profunda de los desafíos y oportunidades presentes en la empresa.

La implementación de herramientas como el control visual (Andon) ⁶ en el área de ingreso de materia prima y la automatización de la generación de órdenes de trabajo en el área de ventas busca abordar problemas específicos, como la clasificación de la chatarra y la minimización de errores en los procesos administrativos. Estas propuestas reflejan un enfoque integral para mejorar la eficiencia y ³⁰ la calidad en todas las etapas del proceso de fabricación.

El plan de mejora detallado proporciona una estructura clara para la implementación de las propuestas, con un enfoque en la asignación de responsabilidades y la programación de actividades. La utilización de un diagrama de Gantt facilita la visualización y el seguimiento del progreso, lo que permite una gestión efectiva del proyecto en su conjunto.

El modelado de procesos mejorado introduce cambios significativos en la forma en que se visualiza y gestiona el flujo de trabajo. Al reemplazar áreas con puestos de trabajo específicos y agregar roles clave como el "Jefe de Producción", se busca abordar cuellos de botella identificados y mejorar la coordinación entre las distintas etapas del proceso de fabricación.

³² Los análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) y las simulaciones finales muestran una reducción significativa en los riesgos identificados y en el porcentaje de reproceso en la fabricación de válvulas, respectivamente. Estos

resultados son alentadores y respaldan la efectividad de las propuestas de mejora en la optimización de la calidad y la eficiencia del proceso.

El análisis costo-beneficio destaca el valor económico de las mejoras propuestas, demostrando que el proyecto de mejora tiene el potencial de generar un retorno de la inversión significativo. Además del beneficio económico directo, se espera que la implementación de las mejoras propuestas resulte en beneficios adicionales, como una fuerza laboral más capacitada y procesos más fluidos y seguros.

¹¹ 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- Se concluye que la iniciativa de mejorar el proceso de fabricación de válvulas es crucial para FUNDIEC S.A debido al impacto directo en la calidad del producto y la satisfacción del cliente.¹⁴
- El enfoque integral del proyecto, que abarca desde la identificación de desviaciones hasta el planteamiento de herramientas de mejora demuestra un compromiso serio con la excelencia operativa.
- Un ambiente laboral más favorable y el aumento de la rentabilidad sugieren una visión a largo plazo; es decir, se contribuyó con FUNDIEC S.A. para que sea sostenible en el tiempo.
- La estandarización y mejora de procesos, combinada con la capacitación constante y la automatización, son estrategias clave para garantizar la eficiencia y la calidad del producto final.²⁸
- La ayuda de Software como Bizagi Modeler y el FlexSim, contribuyeron de manera significativa con este proyecto de mejora, ya que no hubo la necesidad de realizar cambios sin saber si serían favorables o no; gracias a estos, primero se pudo simular el cambio requerido y observar los resultados; para así, sugerir una recomendación a la alta gerencia.

7.2 Recomendaciones

- Se recomienda implementar cada una de las soluciones para la mejora del proceso “fabricación de válvulas” aquí planteadas con el fin de disminuir el porcentaje de reproceso en la fabricación de válvulas.
- Involucrar activamente a los empleados en todas las etapas del proyecto, desde la identificación de problemas hasta la implementación de soluciones, para fomentar un sentido de propiedad y compromiso.³³
- Con el fin de que FUNDIEC. S.A. pueda ser sostenible en el tiempo, se recomienda analizar de manera sistémica a toda la organización y simular cada posible mejora con el fin de implementar la mejor de ellas.

- Explorar oportunidades adicionales de transformación digital y automatización en otros aspectos de la empresa y mejorar más la eficiencia y la competitividad en el mercado.
- Promover ¹² una cultura de mejora continua dentro de la organización, donde la innovación y la búsqueda constante de la excelencia sean valores fundamentales compartidos por todos los miembros del equipo.

Implementar estas conclusiones y recomendaciones permitirá a FUNDIEC S.A lograr sus objetivos ⁵ de mejora en el proceso de fabricación de válvulas y mantener su posición competitiva en el mercado.

BIBLIOGRAFÍA

- Barba, C., Peñaherrera, K., Nieto, K., Meza, M. C., & Rivera, M. (2021). Factors that affect the implementation of rapid prototyping in furniture design companies in Quito, Ecuador. *Revista multidisciplinaria: Universidad, Ciencia y Tecnología*, 25(108). <https://doi.org/https://doi.org/10.47460/uct.v25i108.431>
- Burgasí, D., Cobo, D., Pérez, K., Pilacuan, R., & Rocha, M. (2021). El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años. *Revista electrónica TAMBARA*, 14(84), 1212-1230. <https://doi.org/2588-0977>
- Fundiec S.A. (18 de marzo de 2024). *Home page*. <https://www.fundiec.com/>
- Gallegos, K. (2020). *Mejora en la productividad para la fabricación de tambores metálicos en una empresa metalmecánica en base a la implementación de la metodología "5S", tesis de pregrado, UPS sede Quito*. tomado del repositorio digital.
- Joanidis, C. (2020). *Mejorar para ganar la transformación basada en procesos paso a paso*. Buenos Aires: Pluma digital.
- Martínez, J. (2019). *Industria 4.0 la transformación digital en la industria*. Barcelona: Editorial UOC, S.L.
- Ortega, O. (2017). *Mejoramiento continuo de procesos: aspectos conceptuales*. Bogotá: ediciones de la U. https://books.google.com.ec/books?id=-TOjDwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Oswaldo, O. (2017). *Mejoramiento continuo de procesos*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Páez, I., Sanabria, M., & Gauthier, V. (2022). *Tranformación digital en las organizaciones*. Editorial Universidad del Rosario.

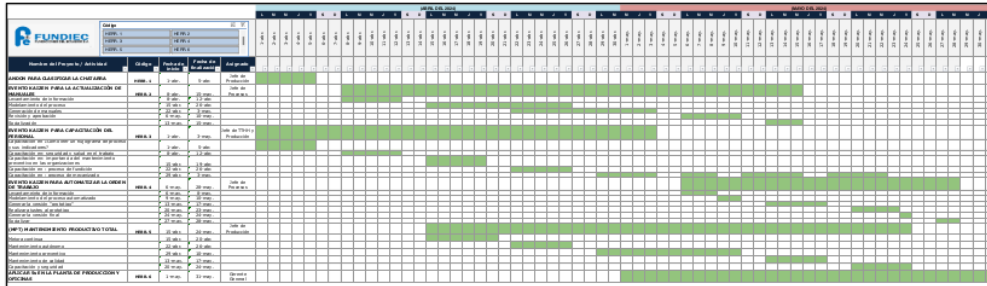
Pardo, J. (2017). *Gestión por procesos y riesgo operacional*. Madrid: AENOR
Conocimiento, S.L.U. <https://doi.org/978-84-8143-948-9>

Anexo B
AMEF inicial

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA														
Nombre de Proceso o Producto: Fabricación de cables FUNDISC S.A		Encargado: Jefe de Operaciones		Preparado por: Conalvera		Página: 1 de 1		FMEA Fecha (Oblig): 2024		Rev: 208				
Orden de Prioridad	Modos de Falla Potenciales	Efectos de Fallas Potenciales	S E V	Causas Potenciales	O C U	Controles de Control	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Resp.	Acciones Implementadas	S E V	O C U	N P R
¿Cuál es el peor de los casos?	¿Cuál es el modo de falla más probable?	¿Cuál es el efecto de falla más grave de los potenciales? ¿Cuál es el efecto de falla más probable de los potenciales?	¿Cuál es el modo de falla más grave de los potenciales? ¿Cuál es el modo de falla más probable de los potenciales?	¿Cuál es la causa de falla más probable de los potenciales?	¿Cuál es el control de falla más probable de los potenciales?	¿Cuál es el control de falla más probable de los potenciales?	¿Cuál es el control de falla más probable de los potenciales?	¿Cuál es el control de falla más probable de los potenciales?	¿Cuáles acciones se recomiendan para prevenir la ocurrencia o mejorar la detección?	¿Quién es responsable de la ejecución de las acciones recomendadas?	¿Cuándo se completarán las acciones recomendadas?			
1	Modo de falla: ...	Efectos de falla: ...	5	Causa de falla: ...	6	Control de falla: ...	5	200	...	Jefe de Operaciones		5	2	1
2	Modo de falla: ...	Efectos de falla: ...	5	Causa de falla: ...	6	Control de falla: ...	5	150	...	Jefe de Operaciones		5	2	1
3	Modo de falla: ...	Efectos de falla: ...	5	Causa de falla: ...	5	Control de falla: ...	5	120	...	Jefe de Operaciones		5	2	1
4	Modo de falla: ...	Efectos de falla: ...	5	Causa de falla: ...	4	Control de falla: ...	5	100	...	Jefe de Operaciones		5	2	1
5	Modo de falla: ...	Efectos de falla: ...	10	Causa de falla: ...	5	Control de falla: ...	3	150	...	Jefe de Operaciones		10	1	1
6	Modo de falla: ...	Efectos de falla: ...	10	Causa de falla: ...	3	Control de falla: ...	5	150	...	Jefe de Operaciones		10	1	1
7	Modo de falla: ...	Efectos de falla: ...	7	Causa de falla: ...	5	Control de falla: ...	5	175	...	Jefe de Operaciones		7	2	1
8	Modo de falla: ...	Efectos de falla: ...	7	Causa de falla: ...	7	Control de falla: ...	5	245	...	Jefe de Operaciones		7	2	1
9	Modo de falla: ...	Efectos de falla: ...	10	Causa de falla: ...	6	Control de falla: ...	5	300	...	Jefe de Operaciones		7	1	1
10	Modo de falla: ...	Efectos de falla: ...	10	Causa de falla: ...	7	Control de falla: ...	6	240	...	Jefe de Operaciones		10	2	3
11	Modo de falla: ...	Efectos de falla: ...	10	Causa de falla: ...	5	Control de falla: ...	5	250	...	Jefe de Operaciones		10	1	1
12	Modo de falla: ...	Efectos de falla: ...	10	Causa de falla: ...	6	Control de falla: ...	5	200	...	Jefe de Operaciones		10	1	1
13	Modo de falla: ...	Efectos de falla: ...	10	Causa de falla: ...	6	Control de falla: ...	5	200	...	Jefe de Operaciones		10	1	1
14	Modo de falla: ...	Efectos de falla: ...	10	Causa de falla: ...	6	Control de falla: ...	5	200	...	Jefe de Operaciones		10	1	1

Anexo C

Diagrama de Gantt (planificación desglosada)



INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
2	www.uctunexpo.autanabooks.com Fuente de Internet	1%
3	www.fundiec.com Fuente de Internet	<1%
4	gestiondeproyectosean.blogspot.com Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	radardocente.com Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	issuu.com Fuente de Internet	<1%

10	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
11	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to ULACIT Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología Trabajo del estudiante	<1 %
13	Submitted to Universidad San Francisco de Quito Trabajo del estudiante	<1 %
14	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	<1 %
15	dspace.udla.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
16	dspace.uazuay.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
17	www.vistazo.com Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Tecsup Trabajo del estudiante	<1 %
19	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
20	dev.editores.com.ar Fuente de Internet	<1 %

21	medium.com Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Australian National University Trabajo del estudiante	<1 %
23	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
24	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
25	mebelfan.ru Fuente de Internet	<1 %
26	open.ieec.uned.es Fuente de Internet	<1 %
27	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
28	es.anowfilter.com Fuente de Internet	<1 %
29	revistas.utb.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
30	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
31	y.tt Fuente de Internet	<1 %
32	cuc.metacatalogo.com Fuente de Internet	<1 %

33 documents1.worldbank.org

Fuente de Internet

<1 %

34 redc.revistas.csic.es

Fuente de Internet

<1 %

35 repositorio.uta.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

36 repositorio.utn.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo