



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“PROPUESTA DE HERRAMIENTAS LEAN EN
GESTION DE OPERACIONES PARA
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE TALLER
DE VIGAS Y CABLES PARA CONSTRUCCIÓN,
CALLAO 2020”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniera Industrial

Autor:

Stefany Lorena Cornejo Beltran

Asesor:

Mg. Lic. Miguel Enrique Alcala Adriaizen

<https://orcid.org/0000-0002-5478-5910>

Trujillo - Perú

2022

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Ing. Cesar Enrique Santos Gonzales	41458690
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Ing. Carlos Enrique Mendoza Ocaña	17806063
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Ing. Oscar Alberto Goicochea Ramírez	18089007
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

A mi abuelita Isolina López Tufinio que nos impulsó a cada integrante de la familia a salir adelante, partió al cielo y sé que está feliz y orgullosa por cada uno de mis logros.

A mis padres por el esfuerzo que hicieron y los impulsos que me dieron en mi trayectoria universitaria, mis hermanos por estar conmigo siempre.

AGRADECIMIENTO

Primero agradecerle a Dios por permitirme tantas aventuras y dificultades, para entender que la vida está llena de altos y bajos, pero siempre debemos dejar lo mejor de nosotros, a mis padres por confiar en mi e impulsarme a buscar mi futuro, a mis profesores por su gran labor y aquellos profesores que partieron dejándonos aprendizajes que no olvidaremos, a mi asesor por su gran labor, también a mi familia por enseñarme que a pesar que pase el tiempo siempre debemos cultivar la unión. Por ultimo a mis compañeros de clase y amigos que formaron parte de esta aventura universitaria

Tabla de contenido

JURADO CALIFICADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática	11
1.2. Formulación del problema	18
1.3. Objetivos	18
1.4. Hipótesis	19
1.5. Justificación	19
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	21
2.1. Tipo de investigación	21
2.2. Población y muestra	21
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	22
2.4. Procedimientos	22
CAPÍTULO III: RESULTADOS	25
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	109
REFERENCIAS	115

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	24
TABLA 2 TOMA DE TIEMPOS DEL MES DE JULIO 2020.....	28
TABLA 3 CANTIDAD DE MUESTRAS POR ACTIVIDAD.....	29
TABLA 4 MUESTRA-TIEMPO PROMEDIO.....	30
TABLA 5 CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR.....	32
TABLA 6 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD INSTALADA.....	32
TABLA 7 FACTOR DE VALORACIÓN.....	33
TABLA 8 PRODUCTOS PLANIFICADOS	33
TABLA 9 REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD PRE-TEST.....	34
TABLA 10 RELACIÓN DE PERSONAL.....	36
TABLA 11 ANÁLISIS DE PARETO.....	38
TABLA 12. ORDEN DE INFLUENCIA DE LOS FACTORES	39
TABLA 13 PRIORIZACIÓN DE PARETO.....	40
TABLA 14 PRINCIPALES CAUSAS RAÍCES QUE AFECTA LA PRODUCTIVIDAD.....	42
TABLA 15 CAUSA 1: MALA GESTIÓN DE ÓRDENES DE TRABAJO.....	47
TABLA 16 PUNTAJE OBTENIDO DE LA CAUSA 1.....	48
TABLA 17 CAUSA 2: OCUPACIÓN DE ESPACIO POR CHATARRA Y OTROS.....	49
TABLA 18 PUNTAJE OBTENIDO DE LA CAUSA 2	49
TABLA 19 CAUSA 3: NO SE MIDE LOS TIEMPOS Y SUB-TIEMPOS DEL TRABAJO.....	51
TABLA 20 PUNTAJE OBTENIDO DE LA CAUSA 3	51
TABLA 21 CAUSA 4: INADECUADA DISTRIBUCIÓN	52
TABLA 22 PUNTAJE OBTENIDO DE LA CAUSA 4	53
TABLA 23 TIEMPO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIGAS- COLUMNAS-DIAGONALES	82
TABLA 24 CONVERSIÓN DE TIEMPOS INTERNOS A TIEMPOS EXTERNOS	84
TABLA 25 MEJORA DE TIEMPOS CON LA PROPUESTA.	86
TABLA 26 MEJORA DEL LEAD TIME.	88
TABLA 27 TIEMPO POST-TEST	90
TABLA 28 TAMAÑO DE LA MUESTRA	91

TABLA 29	TIEMPO PROMEDIO DEL POST-TEST	92
TABLA 30	CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR POST – TEST	93
TABLA 31	COMPARACIÓN TIEMPO ESTÁNDAR PRE – TEST VS POST – TEST.	94
TABLA 32	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD INSTALADA POST - TEST.....	95
TABLA 33	SERVICIOS PLANIFICADOS POST – TEST	95
TABLA 34	PRODUCTIVIDAD POST-TEST.....	96
TABLA 35	CUADRO COMPARATIVO PRODUCTIVIDAD, EFICIENCIA Y EFICACIA PRE – TEST VS POST - TEST	98
TABLA 36	CAUSA 1: MALA GESTIÓN DE ÓRDENES DE TRABAJO	99
TABLA 37	PUNTAJE OBTENIDO DE LA CAUSA 1	99
TABLA 38	CAUSA 2: OCUPACIÓN DE ESPACIO POR CHATARRA Y OTROS.....	100
TABLA 39	PUNTAJE OBTENIDO DE LA CAUSA 2	100
TABLA 40	CAUSA 3: NO SE MIDE LOS TIEMPOS Y SUB-TIEMPOS DEL TRABAJO	100
TABLA 41	PUNTAJE OBTENIDO DE LA CAUSA 3	101
TABLA 42	CAUSA 4: INADECUADA DISTRIBUCIÓN	101
TABLA 43	PUNTAJE OBTENIDO DE LA CAUSA 4	101
TABLA 44	COMPARACIÓN DE % DE CUMPLIMIENTO DE INDICADORES DE CAUSAS RAÍCES	102
TABLA 45	COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS.....	103
TABLA 46	COSTO DE RECURSOS HUMANOS PARA IMPLEMENTACIÓN.....	104
TABLA 47	COSTOS DEL INVESTIGADOR PARA LA IMPLEMENTACIÓN.....	104
TABLA 48	COSTO TOTAL DE RECURSOS HUMANOS.....	105
TABLA 49	INVERSIÓN TOTAL DE LA IMPLEMENTACIÓN	105
TABLA 50	CÁLCULO DEL VALOR MONETARIO AHORRADO EN ACTIVIDADES.....	106
TABLA 51	BENEFICIO ECONÓMICO DE LA IMPLEMENTACIÓN	106
TABLA 52	FLUJO DE CAJA	107
TABLA 53	CÁLCULO DEL VAN Y EL TIR DE LA IMPLEMENTACIÓN.	107

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 ORGANIGRAMA DE EMPRESA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
FIGURA 2 DIAGRAMA DE OPERACIONES DE VIGAS-COLUMNAS-DIAGONALES	25
FIGURA 3 DAP DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIGAS – COLUMNAS-DIAGONALES	26
FIGURA 4 MÉTODO DE WESTINGHOUSE	31
FIGURA 5 GRÁFICO DE REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD PRE-TEST	35
FIGURA 6 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO	37
FIGURA 7 ORDEN DE INFLUENCIA DE LOS FACTORES	40
FIGURA 8 DIAGRAMA DE PARETO	42
FIGURA 9 NIVEL DE OPORTUNIDAD DE LA CAUSA 1	48
FIGURA 10 NIVEL DE OPORTUNIDAD DE LA CAUSA 2	50
FIGURA 11 NIVEL DE OPORTUNIDAD DE LA CAUSA 3	51
FIGURA 12 NIVEL DE OPORTUNIDAD DE LA CAUSA 4	53
FIGURA 13 TARJETA ROJA	58
FIGURA 14 LISTADO DE ACCIONES REALIZADAS – PROCESO FRESADORA	60
FIGURA 15 LISTADO DE ACCIONES REALIZADAS – PROCESO SOLDADURA	61
FIGURA 16 LISTADO DE ACCIONES REALIZADAS – PROCESO TORNO	61
FIGURA 17 LISTADO DE ACCIONES REALIZADAS – PROCESO	62
FIGURA 18 LISTADO DE ACCIONES REALIZADAS – PROCESO DE FUNDICIÓN	64
FIGURA 19 FORMATO DE ORDEN Y LIMPIEZA	67
FIGURA 20 POSTER 5’S PARA DIVULGACIÓN DE LA METODOLOGÍA	77
FIGURA 21 MAPA DEL FLUJO DE VALOR ACTUAL (VSM)	79
FIGURA 22 EQUIPO FORMADO PARA LA IMPLANTACIÓN DE HERRAMIENTA SMED	81
FIGURA 23 VBM DESPUÉS DEL SMED	89
FIGURA 24 GRÁFICO DE PRODUCTIVIDAD POST-TEST	97
FIGURA 25 COMPARACIÓN DE EFICIENCIA-EFICACIA-PRODUCTIVIDAD	98

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo de determinar el impacto de la propuesta de Herramientas Lean sobre la productividad del taller de vigas y cables para construcción.

La investigación es de tipo Descriptivo, con un enfoque cuantitativo, y presenta un estudio tipo Diagnóstico y Propositiva. Los instrumentos utilizados son las fichas de observación, indicadores de productividad. En las herramientas Lean se realizó las 5 S, SMED Y VSM. Con las evaluaciones económicas se logró obtener un VAN de S/.6946.82 un TIR de 85%, determinándose la viabilidad y rentabilidad de la propuesta. Con la herramienta 5S se logró una documentación de las actividades para iniciar la estandarización y posteriormente la duración a través del tiempo con la disciplina. La herramienta VSM permitió reducir el lead time de 9.028 días a 4.56 días y el tiempo de proceso, teniendo una mejora del tiempo de proceso de 33.68 minutos a 21.70 minutos. Por último, la herramienta SMED se logró reducir los tiempos internos de 27 minutos y 00 segundos a 20 minutos y 50 segundos.

Se concluye que la propuesta de Herramientas Lean, aumenta la productividad del taller vigas y cables de construcción en un 28.34%

PALABRAS CLAVES: Tabla de Westinghouse, Lean Manufacturing, Eficiencia y Eficacia

ABSTRACT

The objective of the research is to determine the impact of the Lean Tools proposal on the productivity of the beam and cable workshop for construction.

The research is of the Descriptive type, with a quantitative approach, and presents a Diagnosis and Propositional study. The instruments used are the observation sheets, productivity indicators. In the Lean tools, the 5 S, SMED and VSM were carried out. With the economic evaluations it was possible to obtain a NPV of S/. 6946.82 an IRR of 85%, determining the viability and profitability of the proposal. With the 5S tool, a documentation of the activities was achieved to start the standardization and later the duration through time with the discipline. The VSM tool allowed to reduce the lead time from 9.028 days to 4.56 days and the process time, having an improvement in the process time from 33.68 minutes to 21.70 minutes. Finally, the SMED tool was able to reduce the internal times from 27 minutes and 00 seconds to 20 minutes and 50 seconds.

It is concluded that the Lean Tools proposal increases the productivity of the construction beams and cables workshop by 28.34%.

KEY WORDS: Westinghouse Table, Lean Manufacturing, Efficiency and Effectiveness

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A nivel mundial, la pandemia del COVID 19 ocasiono un contexto VUCA (alta volatilidad, gran incertidumbre, complejidad y ambigüedad) dentro del entorno empresarial. (Garcia Madurga, Grilló Méndez, & Morte Nadal, 2021). generando interrupción de las cadenas de pago, alteración de la inversión privada o pública, lo cual motivo a las empresas a desarrollar estrategias para gestionar sus operaciones. (Federico et al., 2020).

En el Perú, la contribución de la industria metalmecánica para el año 2019 fue el 20% del PBI manufacturero del país (INEI,2019). Asimismo, PRODUCE (2020) informo que en el año 2020 el sector metalmecánico registró una caída de 10,0% de la producción en comparación al año 2019 por la paralización de actividades.

Los talleres de vigas y cables de construcción o talleres de estructuras son empresas que prestan servicios de mantenimiento y construcción de infraestructura eléctrica y civil, entre sus clientes están empresas públicas y privadas que sufrieron alteración en las relaciones comerciales por motivos vinculados a los problemas de pandemia, entrando en la necesidad de organizar los procesos productivos interrumpidos. (Coronel Davila, 2019)

La falta de gestión de operaciones es un problema que influye en la mayoría de las empresas que trabajan constantemente a los requerimientos de los clientes y al comportamiento de los colaboradores. (Torres Condori, 2020) . “El mal uso de los recursos durante el proceso de producción ha resultado ser deficientes para la realización de las operaciones, por lo que la productividad en este sector ha sido afectada cada vez más y eso se evidencian a través de los

excesivos tiempos muertos, demora en la entrega de un producto, reprocesos y desorden en el área de trabajo” (Mascheroni, 2020)

En este contexto la productividad del proceso de fabricación toma importancia para el logro de los objetivos estratégicos que se busca en las empresas. (Leyva, 2018) Una de las estrategias es la filosofía Lean, conjunto de técnicas y elementos que buscan mejorar el proceso productivo y se adapta a cualquier área (Fortuny et al., 2008)

Como antecedentes internacionales, Carrillo et al. (2019) en su investigación tuvo como objetivo principal adaptar las filosofías lean, que permite el aumento de la productividad en los procedimientos de una empresa del sector metalmecánico automotriz, donde se diagnosticó problemas en el área de inventarios, la falta de control, falta de capacitación al personal y la desorganización de los procedimientos. La herramienta Lean que permite cumplir con los objetivos fue las 5S y el TPM, bajando los porcentajes que se obtuvieron en el diagnóstico. También se aplicó una simulación de Montecarlo con los datos históricos de la empresa. Demostrando la viabilidad que brinda la propuesta del proyecto.

De manera similar. Yerovi (2017) en su estudio tuvo como objetivo mejorar el proceso de producción de puertas enrollables de la empresa metalmecánica Hialuvid para disminuir el tiempo de entrega y garantizando la eficiencia y la productividad. Respecto al diagnóstico se observó retrasos en la entrega de producto terminado al cliente. Mediante la propuesta de mejora se determinó las herramientas lean (5S, Kanban, TPM, SMED), la mejora incrementó la productividad diaria a dos por encima de los que se venían produciendo. También dio como resultado un Takt time de 316 minutos para que se elabore 26 puertas. Dejando como recomendaciones la capacitación y el control periódico de la misma, dando como resultado a concluir que el proyecto SÍ es factible.

A nivel nacional destacó Paz Cueva y Rojas Abregú (2021). En su investigación su principal objetivo es Mejorar el proceso manual de Acanalado en el área de Producción, para ello se utilizó un sistema de 5S's en el trabajo basado en la KANBAN lo cual genero una mejora de hasta el 20% en el proceso de acanalado de planchas de acero. Por último, recomendó la constante evaluación, medición y buscar mejorar los procesos.

también en el estudio de Miranda y Torres (2018) “Propuesta de mejora del proceso de reparación de equipos aplicando Lean Manufacturing en una empresa de renta de maquinaria para construcción y minería”, sustentado en la universidad peruana de ciencias aplicadas, Perú. De acuerdo con el diagnóstico se observó demoras de entrega a sus clientes, exceso de horas extras del personal, costo de máquinas adicionales. Se utilizó el VSM para la definición del proceso a evaluar, la elección de los parámetros de medición, y el análisis de base datos de registro de la empresa en el año 2017 y hasta julio 2018; se identificó la alternativa de solución que mejore el nivel de cumplimiento de entrega a tiempo y satisfacer la demanda actual. Esta alternativa está basada en la utilización de herramientas de balance de línea y heijunka para la eliminación de mudas. Finalmente, se calculó el VAN y TIR para determinar la viabilidad de la inversión de la propuesta de mejora.

Paredes (2018) en su tesis “Aplicación del estudio del trabajo para la mejora de la productividad en el área de mantenimiento en la empresa Electrónica Max E.I.R.L., Surquillo, 2017”, sustentado en la universidad cesar vallejo, Lima. Se demostró como el estudio del trabajo mejora la productividad en el área de mantenimiento en la empresa Electrónica Max E.I.R.L., Surquillo, 2018. Los datos se obtuvieron mediante la técnica de observación y utilizando instrumentos como: hojas de verificación de toma de tiempos, medición del tiempo estándar, ficha de registro del diagrama de actividades del proceso, ficha de estimación de

Eficiencia, Eficacia y Productividad. Se diagnosticó con problemas de tiempo de entrega, inadecuado uso de herramientas, la mala condición de trabajo. Se terminó por concluir que la eficacia inicial encontrada en el área de mantenimiento de CPU fue de un 82.13% en promedio de los meses de agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2017, el cual luego de implementar la aplicación del estudio del trabajo, se incrementó a un promedio de 94.86% en los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo del 2018.

La gestión de operaciones es el resultado de la administración de operaciones de la empresa más la planeación estratégica, que pretenden incrementar la productividad. (Cruz Álvarez, J. 2006)

la Administración de las Operaciones se ocupa de la generación de valor para el cliente, a través de la elaboración de bienes y/o prestación de servicios de acuerdo con sus necesidades, y de la reducción de los costos en que éste debería incurrir para obtener dichos beneficios. (Barriga, 2019)

El término “Lean Manufacturing” apareció por primera vez en el libro "La máquina que cambió el mundo" (The machine that changed the World) Womack et al. (1990) en el que documenta en detalle gran cantidad de herramientas que se usan hoy en día por aquellas compañías que trabajan usando los principios de Lean. El objetivo de Lean Manufacturing es simplificar los procesos, cambiar el flujo para aumentar el tiempo de trabajo que genera valor, hacerlos más cortos, que fluyan mejor, más rápidamente y con menos costos para los clientes. Implica sobre todo velocidad, productividad, calidad, competitividad (Reyes, 2002).

Herramientas Lean Manufacturing:

Con el objetivo de alcanzar cumplimiento de los principios de manufactura esbelta se han desarrollado diferentes herramientas “lean” orientadas a identificar, corregir y optimizar los procesos de producción, entre las más conocidas se encuentran. Estas herramientas desarrollaran una filosofía de Mejora Continua que le permita a las compañías eliminar los desperdicios en todas las áreas, reducir sus costos, mejorar los procesos, aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad. (Benites,2018)

Manufactura Esbelta proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige alta calidad, entrega rápida a menor precio y en la cantidad requerida. Estas herramientas son: Value Stream Mapping (VSM) Mapeo de la cadena de Valor, Las 5 S, Cambio rápido de Modelo (SMED), Estandarización, Mantenimiento Productivo Total (TPM), Control Visual, Jidoka, El Poka Yoke (a prueba de fallos), Celdas de Manufactura y proveeduría, Just In Time, sistema Pull “Jalar” y Kanban, Producción nivelada (HEIJUNKA), Mejora Continua (KAIZEN) (Bell, 2005).

Value Stream Mapping (VSM) Mapa de flujo de valor

Un mapa de la corriente de valor es un diagrama de todas las acciones (de valor añadido y de no-valor agregado) requeridas para llevar un producto al cliente, desde que se recibe la materia prima hasta que llega al cliente (Anand & Rambabu, 2009). Se define el mapeo de la corriente de valor (MCV) como una herramienta importante para mejorar la productividad y la reducción de desperdicio que una organización puede emplear evaluar sus procesos, es decir, un proceso de evaluación de cada etapa de la producción, con el fin de determinar el grado en que contribuye a la eficiencia operacional o a la calidad del producto. El mapeo de la corriente

de valor se vincula claramente con la manufactura esbelta y es uno de sus componentes importantes (Reyes, 2002).

Herramienta 5 S

Makoto (2005) señala que se llama estrategia de las 5s' porque representan acciones que son principios expresados con cinco palabras japonesas que comienza por la letra S. Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno y seguro donde trabajar. Estas cinco palabras son:

Seiri: Organizar y seleccionar. Se trata de organizar todo, separar lo que sirve de lo que no sirve y clasificar esto último. Por otro lado, aprovechamos la organización para establecer normas que nos permitan trabajar en los equipos/máquinas sin sobresaltos. Nuestra meta será mantener el progreso alcanzando y elaborar planes de acción que garanticen la estabilidad y nos ayuden a mejorar.

Seiton: Ordenar. - Tiramos lo que no sirve y establecemos normas de orden para cada cosa. Además, vamos a colocar las normas a la vista para que sean conocidas por todos y en el futuro nos permitan practicar la mejora de forma permanente.

Seiso: Limpiar. - Realizar la limpieza inicial con el fin de que el operador/administrativo se identifique con su puesto de trabajo máquinas/equipos que tenga asignados.

Seiketsu: Mantener la Limpieza. A través de gamas y controles, iniciar el establecimiento de los estándares de limpieza, aplicarles y mantener el nivel de referencia alcanzado.

Shitsuke: Rigor en la aplicación de consignas y tareas. - Realizar la auto inspección de manera cotidiana. Cualquier momento es bueno para revisar y ver cómo estamos, establecer las hojas de control y comenzar su aplicación, mejorar los estándares de las actividades realizadas con el fin de aumentar la fiabilidad de los medios y el buen funcionamiento de los equipos de oficinas. En definitiva, ser rigurosos y responsables para continuar la acción con disciplina y autonomía.

Cambio rápido de modelo (SMED)

“SMED” significa “Cambio de útiles en minutos de un solo dígito” (“Single Minute Exchange Die”), pues originalmente la meta era que todos los tiempos de preparación del proceso fueran inferiores a 10 minutos. Lo que se busca es disminuir el tiempo de cambio. Consiste en una serie de técnicas dirigidas a disminuir el tiempo de cambio de formato de las máquinas que intervienen en el proceso productivo. El tiempo que se asigna al cambio se mide desde la última pieza buena tipo 1 hasta que se produzca la primera pieza buena tipo 2. El objetivo es que el tiempo de cambio no interfiera en el flujo continuo de la producción (Lian y Van Landeghem, 2007).

Existe 7 pasos para realiza la estrategia SMED:

- Evaluación de situación actual y definición de objetivos
- Selección y formación de equipos
- Documentación del procedimiento actual
- Análisis y mejora de las operaciones
- Plan de acción
- Seguimiento de trabajo y mantenimiento del cambio

El control visual se focaliza exclusivamente en aquella información de alto valor añadido que ponga en evidencia las pérdidas en el sistema y las posibilidades de mejora. Hay que tener en cuenta que, en muchos casos, las fábricas usan estadísticas, gráficas y cifras de carácter estático y especializado que solo sirven a una pequeña parte de los responsables de la toma de decisión (Womack, 2004).

La productividad demuestra en qué manera óptima se están usando los recursos económicos en la producción de bienes o servicio (Guajala et al., 2015). Es decir, producir lo que el mercado volara y hacerlo con el menor consumo de recursos (Rodríguez y Gómez, 1991)

Eficacia es la capacidad que tiene una organización para satisfacer al cliente en forma correcta mientras que la eficiencia se logra cuando se cumple con los objetivos trazados, al menor costo posible y el menor tiempo sin malgastar recursos (Guiliany et al., 2019)

La productividad es el resultado de la armonía y articulación entre la tecnología, los recursos humanos, la organización y los sistemas (Tolentino, 2004), considerando la combinación óptima o equilibrada de los recursos (Delgadillo, 2003).

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida la propuesta de herramientas Lean en gestión de operaciones mejora la productividad de taller de Vigas y Cables para construcción – Callao 2020?

1.3. Objetivos

Objetivo General: Determinar cómo impacta la propuesta de herramientas lean en gestión de operaciones para incrementar la productividad en el taller de vigas y cables para construcción – Callao 2020.

Objetivos Específicos:

- Determinar el nivel de productividad antes de la propuesta
- Desarrollar una propuesta de herramientas Lean
- Determinar el nivel de productividad después de la propuesta
- Evaluar económica y financieramente la propuesta

1.4. Hipótesis

La propuesta de herramientas Lean en la gestión de operaciones incrementa en un 28.34% la productividad en taller de vigas y cables de construcción- Callao 2020

1.5. Justificación

En el sector metalmecánico ha ido evolucionando y sofisticándose requiriendo instrumentos mano de obra calificada en el Perú es una actividad que está en constante crecimiento como lo publicado por el ministerio de la producción ,pero que no necesariamente es un indicador de una buena productividad ya que existe problemas en el proceso de fabricación como retrasos en llegada de material , maquinarias sin mantenimiento, reprocesos en soldaduras, desperdicio de material ,etc. lo que originan el incumplimiento de un servicio específico si es que no se tiene una buena optimización y/o gestión de recursos (Coronel, 2019)

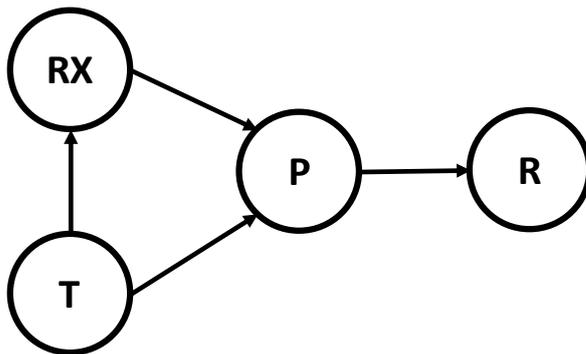
Asimismo, Blasco (2020) indica que, debido a la gran demanda y a la competitividad del sector, estas empresas deben innovar en los procesos de gestión para conseguir adelantarse a las otras empresas. Las empresas de referencia serán aquellas que eliminen defectos y desperdicios y que no tengan ningún retraso de entregas con sus clientes.

De manera metodológica, la investigación contribuye al diseño de instrumentos como la guía de observación y toma de tiempos, lo cual permitiría obtener información y datos que logren un desarrollo óptimo de la investigación. Por último, la investigación se justifica teóricamente porque Lean abarca una serie de herramientas, lo cual, haciendo uso correcto en empresas de diversos sectores, logrará mejorar la gestión operacional por ende existirá un incremento.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo Descriptivo ya que fue necesario utilizar la investigación bibliográfica, como libros, archivos, internet, con el propósito de disponer de un panorama mucho más amplio del tema, que permitió efectuar un análisis a profundidad y recomendar las medidas correctivas, con un enfoque cuantitativo, y presenta un estudio tipo Diagnóstico y Propositiva. (Méndez & Mendoza, 2014)



Donde:

RX: Productividad antes de la mejora. (Variable Fáctica)

T: Herramientas Lean. (Variable Temática)

P: Propuesta de Gestión de operaciones. (Variable Propositiva)

R: Productividad después de la propuesta.

2.2. Población y muestra

Población:

La población se encuentra definida por las operaciones en taller de vigas y cables para construcción.

Muestra:

El tipo de muestra es censal, son las operaciones de las áreas de carpintería metálica, maquinado, soldadura y acabado.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de observación “Consistirá en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables a través de un conjunto de dimensiones e indicadores” Valderrama, (2015, p.194). Se utilizó instrumentos como fichas de observación de indicadores de productividad.

La técnica de análisis documental y diagrama de seguimiento de procesos.

2.4. Procedimientos

En el taller de Vigas & Cables de construcción, cuya actividad principal es el desarrollo de construcciones civiles e infraestructura eléctrica. Estas empresas para su desempeño requieren de diferentes equipos y maquinaria, los mismos que dispone, o alquila, adquiere de segundo uso, o nuevos según conveniencia.

Para la obtención de la información se realizó coordinaciones con el gerente de la empresa, para la información requerida, posteriormente realizar el Pareto y así identificar las

causas con mayor porcentaje. En lo que respecta a la aplicación de las herramientas Lean se empleó como: técnica la observación y el análisis documental y como instrumento se usó un cronómetro, la ficha de registro de las actividades del proceso, una ficha de registro para SMED, una ficha de registro para el VSM.

- **Operacionalización de variables**

En la siguiente tabla se visualiza el detalle de la operacionalización de variables:

Tabla 1

Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA
gestión de Operaciones	Comprende las necesidades del cliente, gestiona los procesos que prestan los servicios para garantizar que los objetivos se cumplan. (Torres,2020)	planeación estratégica (Lean manufacturing)	VSM	tac time - tiempo de ciclo- lote- tf - lead time	Razón
			LAS 5S SMED	Tiempo de preparación de máquina = (Tiempo actual Tiempo anterior) * 100	
La productividad	Según (Kanawaty, 1996, p. 4) La productividad se define como la relación de cantidad de bienes o servicios producidos y la cantidad de recursos o materiales que se utilizan	La productividad será medida en las dimensiones eficiencia y eficacia con sus indicadores de índice (Ayasta & cordero,2021)	Eficiencia	$eficiencia = \frac{tiempo\ estimado}{tiempo\ real}$	Razón
			Eficacia	$eficacia = \frac{producción\ real}{producción\ requerida}$	

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Figura 1

Diagrama de operaciones de vigas-columnas-diagonales

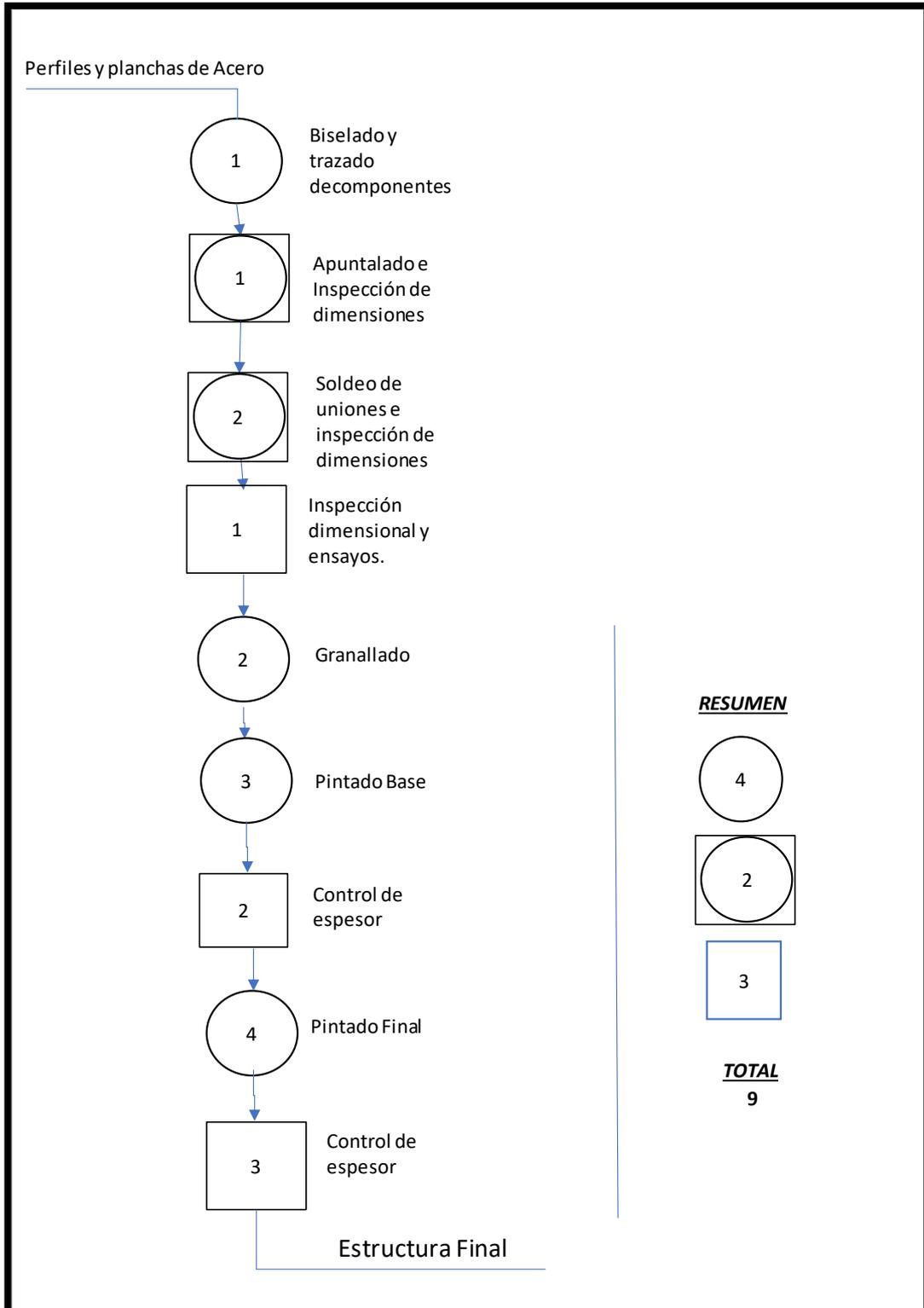


Figura 2

DAP del proceso de elaboración de vigas – columnas-diagonales

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO						
Información del diagrama de análisis del proceso			Resumen			
Producto:	vigas-columnas-diagonales		Actividad			Pre test
Actividad:	Elaboración de Vigas-columnas-diagonales		Operación			4
Método:	Acutal Pre test		Transporte			0
Lugar:	Operaciones		Inspección			5
Fecha:	31/06/2020		Demora			0
Realizado por:			Almacenamiento			0
Descripción		Tiempo	Símbolo	○	□	D
				⇒	▽	
N°	Biselado y trazado de componentes					
1	Se toma los perfiles de acero	00:02:43	x			
2	Se ingresa a la maquina de biselado	00:01:05	x			
3	Se realiza el biselado	00:02:00	x			
4	Se realiza el trazado	00:02:00	x			
5	Apuntalado e Inspección de dimensiones					
	Se coloca los soportes para la división	00:01:00	x			
6	Se visualiza si las dimensiones son correctas	00:01:14	x			
7	Se realiza la corrección	00:01:43	x			
8	Soldeo de uniones e inspección de dimensiones					
	Se trae la soldadura	00:01:38	x			
9	Se realiza el soldeo	00:02:00	x			
10	Se visualiza si las dimensiones son correctas y se realiza correcciones	00:02:00	x			
	Inspección dimensional y ensayos					
11	Inspección de dimensiones	00:01:06	x			
12	Ensayos	00:03:00	x			
13	Granallado	00:01:42	x			
14	Pintado Base					
	Tomar la pintura	00:02:00	x			
15	Realizar el pintado	00:02:27	x			
16	Control de Espesor	00:01:18	x			
	Pintado Final					
17	Tomar la pintura	00:01:16	x			
18	Realizar el pintado	00:02:20	x			
19	Control de Espesor	00:02:05	x			
TOTAL		00:34:37				

1. DIAGNOSTICO ACTUAL DE PRODUCTIVIDAD:

Para hallar la productividad del Proceso de Elaboración de Vigas- Columnas- Diagonales, es necesario tomar tiempos de cada paso del proceso que se realiza, por ello se tomó el tiempo de cada actividad, en un horario aleatorio de cada día del mes de Julio del 2020. Es necesario tomar en cuenta:

- Un mes tiene 26 días laborales.
- Un día tiene 2 turnos (mañana y tarde).
- Cada turno es de 8 horas diarias.

Al hallar la cantidad de horas consumidas en el proceso de Vigas-Columnas- Diagonales, sabremos en qué nivel de Productividad se encuentra la empresa. A continuación, se muestra los tiempos tomados:

Tabla 2

Toma de tiempos del mes de julio 2020

TOMA DE TIEMPOS																													
ORGANIZACIÓN		TALLER VIGAS Y CABLES										ÁREA						ELABORACIÓN DE VIGAS-COLUMNAS-DIAGONALES											
MÉTODO		PRE - TEST										PROCESO																	
ELABORADO												HORARIO																	
N°	ACTIVIDAD	TIEMPOS MUESTREADOS (MIN)																										PROMEDIO	TOTAL
		DÍA																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
1	Biselado y trazado de componentes	7.81	7.57	7.60	7.87	7.84	7.45	7.28	7.83	7.48	7.54	7.90	7.41	7.60	7.29	7.30	7.56	7.34	7.66	7.84	7.57	7.63	7.60	7.74	7.48	7.33	7.61	7.58	197.13
2	Apuntalado e Inspección de dimensiones	3.95	3.88	4.11	3.99	4.00	4.07	3.92	4.05	3.98	4.13	3.87	3.88	4.05	4.09	3.93	3.96	4.12	3.91	3.99	4.09	4.04	4.02	4.05	4.02	3.94	3.88	4.00	103.92
3	Soldeo de uniones e inspección de dimensiones	5.64	5.71	5.97	5.96	5.64	6.05	5.77	6.12	5.74	5.74	5.75	6.05	5.7	5.67	5.79	6.06	6.05	5.66	5.87	6.07	5.71	6.12	5.94	6.04	5.77	5.66	5.86	152.25
4	Inspección dimensional y ensayos	4.11	4.22	4.29	4.15	4.34	4.36	4.22	4.27	4.15	4.29	4.17	4.11	4.31	4.35	4.35	4.2	4.19	4.18	4.14	4.16	4.36	4.22	4.23	4.14	4.32	4.23	4.23	110.06
5	Granallado	1.71	1.62	1.69	1.68	1.69	1.61	1.63	1.64	1.7	1.73	1.63	1.69	1.63	1.69	1.74	1.67	1.62	1.75	1.74	1.64	1.64	1.67	1.69	1.73	1.64	1.65	1.67	43.52
6	Pintado Base	3.25	3.17	3.29	3.21	3.15	3.26	3.31	3.25	3.22	3.16	3.26	3.24	3.2	3.1	3.28	3.13	3.28	3.18	3.15	3.2	3.22	3.16	3.28	3.11	3.22	3.26	3.21	83.54
7	Control de Espesor	1.31	1.26	1.25	1.27	1.21	1.3	1.25	1.23	1.23	1.29	1.21	1.3	1.23	1.24	1.31	1.21	1.26	1.23	1.29	1.25	1.29	1.23	1.21	1.31	1.3	1.22	1.26	32.69
8	Pintado Final	4.81	4.36	4.37	4.98	4.72	4.48	4.78	4.98	4.65	4.48	4.76	4.65	4.82	4.79	4.25	4.73	4.7	4.53	4.91	4.86	4.74	4.37	4.49	4.81	4.88	4.54	4.67	121.44
9	Control de Espesor	2.08	2.3	2.35	2.35	2.14	2.15	1.84	2.23	2.45	2.04	1.95	2.24	1.66	1.98	1.63	2.26	2.07	2.11	1.66	2.46	1.94	2.47	2.13	2.33	2.46	2.06	2.13	55.34
TOTAL DE MUESTRAS OBSERVADAS		34.67	34.09	34.92	35.46	34.73	34.73	34.00	35.60	34.60	34.40	34.50	34.57	34.20	34.20	33.58	34.78	34.63	34.21	34.59	35.30	34.57	34.86	34.76	34.97	34.86	34.11	34.61	899.89

En la tabla se visualiza los tiempos tomados del proceso, teniendo así un promedio de 34.61 minutos, el máximo fue de 35.60 minutos y el mínimo de 33.58 minutos. Esta tabla es la población del análisis que se debe realizar para hallar la productividad. Como segundo paso se tiene que escoger una muestra y para eso se realiza el método de Kanawaty, una vez hallada la cantidad de muestras, se procede a trabajar con ellas.

Tabla 3

cantidad de muestras por actividad

TAMAÑO DE MUESTRA - MÉTODO DE KANAWATY					
PROCESO:	ELABORACIÓN DE VIGAS-COLUMNAS-DIAGONALES		MÉTODO	PRE - TEST	
ÁREA:	OPERACIONES		ELABORADO:		
Nº	ACTIVIDAD	$\sum x$	$\sum x^2$	$\left(\frac{40\sqrt{(26\sum x^2 - \sum(x)^2)}}{\sum x}\right)^2$	n
1	Biselado y trazado de componentes	197.13	1495.54	0.98	1.00
2	Apuntalado e Inspección de dimensiones	103.92	415.52	0.62	1.00
3	Poldeo de uniones e inspección de dimensiones	152.25	892.27	1.32	1.00
4	Inspección dimensional y ensayos	110.06	466.06	0.58	1.00
5	Granallado	43.52	72.89	0.99	1.00
6	Pintado Base	83.54	268.51	0.51	1.00
7	Control de Espesor	32.69	41.13	1.23	1.00
8	Pintado Final	121.44	568.25	2.91	3.00
9	Control de Espesor	55.34	119.32	20.75	21.00

La máxima muestra es de 21 datos en la actividad 9 (Control de Espesor). Y el mínimo es de 1.

Tabla 4

Muestra-Tiempo Promedio

TOMA DE TIEMPOS																								
ORGANIZACIÓN	TALLER VIGAS Y CABLES										ÁREA					OPERACIONES								
MÉTODO	PRE - TEST										PROCESO					ELABORACIÓN DE VIGAS-COLUMNAS-DIAGONALES								
ELABORADO											HORARIO													
N°	ACTIVIDAD	TIEMPOS MUESTREADOS (MIN)																				PROMEDIO	TOTAL	
		DÍA																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
1	Biselado y trazado de componentes	7.81																					7.81	7.81
2	Apuntalado e Inspección de dimensiones	3.95																					3.95	3.95
3	Soldeo de uniones e inspección de dimensiones	5.64																					5.64	5.64
4	Inspección dimensional y ensayos	4.11																					4.11	4.11
5	Granallado	1.71																					1.71	1.71
6	Pintado Base	4.46																					4.46	4.46
7	Control de Espesor	1.31																					1.31	1.31
8	Pintado Final	2.08	4.36	4.37																			3.60	10.81
9	Control de Espesor	2.08	2.3	2.35	2.35	2.14	2.15	1.84	2.23	2.45	2.04	1.95	2.24	1.66	1.98	1.63	2.26	2.07	2.11	1.66	2.46	1.94	2.09	43.89
	TOTAL DE	33.15	2.30	2.35	2.35	2.14	2.15	1.84	2.23	2.45	2.04	1.95	2.24	1.66	1.98	1.63	2.26	2.07	2.11	1.66	2.46	1.94	6.06	74.96

La tabla anterior nos brinda las muestras y el promedio de cada actividad, con este dato se calculará el tiempo estándar. Para eso se utilizará el factor según Westinghouse, además el tiempo de suplemento se considerará las Necesidades Básicas y la Fatiga por el trabajo.

Figura 3

Método de Westinghouse

HABILIDAD			ESFUERZO		
+0.15	A1	Extrema	+0.13	A1	Excesivo
+0.13	A2	Extrema	+0.12	A2	Excesivo
+0.11	B1	Excelente	+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente	+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena	+0.05	C1	Bueno
+0.03	C2	Buena	+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Regular	0.00	D	Regular
-0.05	E1	Aceptable	-0.04	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable	-0.08	E2	Aceptable
-0.16	F1	Deficiente	-0.12	F1	Deficiente
-0.22	F2	Deficiente	-0.17	F2	Deficiente
CONDICIONES			CONSISTENCIA		
+0.06	A	Ideales	+0.04	A	Perfecta
+0.04	B	Excelente	+0.03	B	Excelente
+0.02	C	Buenas	+0.01	C	Buena
0.00	D	Regulares	0.00	D	Regular
-0.03	E	Aceptables	-0.02	E	Aceptable
-0.07	F	Deficientes	-0.04	F	Deficiente

Nota. Tomado de Pérez, J. (13 de agosto del 2016) Estudio de Tiempos: Valoración del Ritmo del Trabajo. *La Web del Ingeniero Industrial*. <http://lawebdelingenieroindustrial.blogspot.com/2016/08/estudio-de-tiempos-valoracion-del-ritmo.html>

En la siguiente tabla se visualiza el tiempo estándar de cada actividad y del proceso en conjunto, además del Tiempo Estándar:

Tabla 5

Cálculo de Tiempo Estándar

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR												
PROCESO:	ELABORACIÓN DE VIGAS-COLUMNAS-DIAGONALES		MÉTODO						PRE - TEST			
ÁREA:	OPERACIONES		ELABORADO:									
Nº	ACTIVIDAD	PROMEDIO DEL TIEMPO	H	E	CD	CS	FACTOR DE VALORACIÓN	TIEMPO NORMAL	SUPLEMENTARIO		TOTAL DE SUPLEMENTARIO	TIEMPO ESTÁNDAR
									NP	F		
1	Biselado y trazado de componentes	7.81	0.03	0.00	0.02	0.01	0.94	7.34	0.05	0.06	0.11	8.15
2	Apuntalado e Inspección de dimensiones	3.95	0.03	0.02	0.02	0.01	0.92	3.63	0.05	0.06	0.11	4.03
3	Soldo de uniones e inspección de dimensiones	5.64	0.03	0.00	0.00	0.01	0.96	5.41	0.05	0.06	0.11	6.01
4	Inspección dimensional y ensayos	4.11	0.03	0.02	0.02	0.01	0.92	3.78	0.05	0.06	0.11	4.20
5	Granallado	1.71	0.03	0.02	0.02	0.01	0.92	1.57	0.05	0.06	0.11	1.75
6	Pintado Base	4.46	0.03	0.02	0.02	-0.02	0.95	4.24	0.05	0.06	0.11	4.70
7	Control de Espesor	1.31	0.03	0.02	0.02	-0.02	0.95	1.24	0.05	0.06	0.11	1.38
8	Pintado Final	3.60	0.03	0.02	0.02	0.01	0.92	3.32	0.05	0.06	0.11	3.68
9	Control de Espesor	2.09	0.00	0.02	0.02	0.01	0.95	1.99	0.05	0.06	0.11	2.20
		34.68						32.53				36.10

Se visualiza como resultado que el tiempo estándar es de 36.10 minutos para elaborar Vigas-Columnas-Diagonales. Tras el cálculo del tiempo estándar, se procede a realizar el cálculo de la capacidad instalada del proceso de elaboración Vigas-Columnas-Diagonales de la empresa Taller Vigas Y Cables

$$\text{Capacidad instalada} = \frac{\text{Número de trabajadores} \times \text{Tiempo laboral por trabajador}}{\text{Tiempo estándar}}$$

Tabla 6

Cálculo de la capacidad instalada

CÁLCULO DE CAPACIDAD INSTALADA PRE - TEST			
Nº de trabajadores	Tiempo de trabajo	Tiempo estándar	Capacidad instalada
9	480min	36.10	120

En la tabla anterior se puede visualizar que la capacidad instalada es de 120 vigas-columnas-diagonales, con este dato procederemos a calcular el número de productos que se pueden hacer, para eso se utilizará la fórmula:

$$\text{Servicios planificados} = \text{Capacidad instalada} \times \text{Factor de valoración}$$

Tabla 7

Factor de Valoración

FACTOR DE VALORACIÓN	
Motivo	Valor
Impuntualidad	-5%
Sin ganas de trabajar	-5%
Ergonomía deficiente	-5%
Cansancio visual	-4%
Trabajo repetitivo	-3%
Factor de valoración	78%

Tabla 8

Productos Planificados

PRODUCTOS PLANIFICADOS		
Capacidad instalada	Factor de valoración	Servicios planificados
120	78%	94

Con esta información se hallará la variable dependiente Productividad. Para eso necesitamos:

Eficiencia

Para el cálculo de la eficiencia se utilizará la siguiente fórmula, omitiendo feriados y domingos que son días no laborales

$$EFICIENCIA = \frac{TIEMPO REAL}{TIEMPO PROGRAMADO} \times 100\%$$

Eficacia

Para el cálculo de la eficacia se utilizará la siguiente fórmula

$$EFICACIA = \frac{SERVICIOS DE FACTURACIÓN REALIZADOS}{SERVICIOS DE FACTURACIÓN PROGRAMADOS} \times 100\%$$

Para el cálculo de la productividad se realiza la multiplicación de la eficacia con la eficiencia, presentándose la siguiente fórmula

$$PRODUCTIVIDAD = EFICIENCIA \times EFICACIA$$

Tabla 9

Registro de Productividad Pre-Test

FICHA DE REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD							
MÉTODO	PRE - TEST			PROCESO		VIGAS-COLUMNAS-DIAGONALES	
Día	EFICIENCIA			EFICACIA			PRODUCTIVIDAD
	Tiempo programado	Tiempo real	Eficiencia	Servicios programados	Servicios realizados	Eficacia	Productividad
1	960	616.36	64.20%	94	80	85.11%	54.64%
2	960	613.62	63.92%	94	81	86.17%	55.08%
3	960	613.04	63.86%	94	79	84.04%	53.67%
4	960	669.80	69.77%	94	85	90.43%	63.09%
5	960	648.29	67.53%	94	84	89.36%	60.35%
6	960	609.70	63.51%	94	79	84.04%	53.38%
7	960	619.56	64.54%	94	82	87.23%	56.30%
8	960	640.80	66.75%	94	81	86.17%	57.52%
9	960	661.24	68.88%	94	86	91.49%	63.02%
10	960	596.27	62.11%	94	78	82.98%	51.54%
11	960	605.67	63.09%	94	79	84.04%	53.02%
12	960	606.90	63.22%	94	79	84.04%	53.13%
13	960	623.20	64.92%	94	82	87.23%	56.63%
14	960	638.40	66.50%	94	84	89.36%	59.43%
15	960	589.52	61.41%	94	79	84.04%	51.61%
16	960	656.96	68.43%	94	85	90.43%	61.88%

17	960	600.25	62.53%	94	78	82.98%	51.88%
18	960	600.58	62.56%	94	79	84.04%	52.58%
19	960	607.25	63.25%	94	79	84.04%	53.16%
20	960	619.71	64.55%	94	79	84.04%	54.25%
21	960	614.58	64.02%	94	80	85.11%	54.48%
22	960	619.73	64.56%	94	80	85.11%	54.94%
23	960	617.96	64.37%	94	80	85.11%	54.78%
24	960	606.15	63.14%	94	78	82.98%	52.39%
25	960	604.24	62.94%	94	78	82.98%	52.23%
26	960	591.24	61.59%	94	78	82.98%	51.10%
TOTAL	36480	16090.99333	64.47%	2444	2092	85.60%	55.23%

Figura 4

Gráfico de Registro de Productividad Pre-test

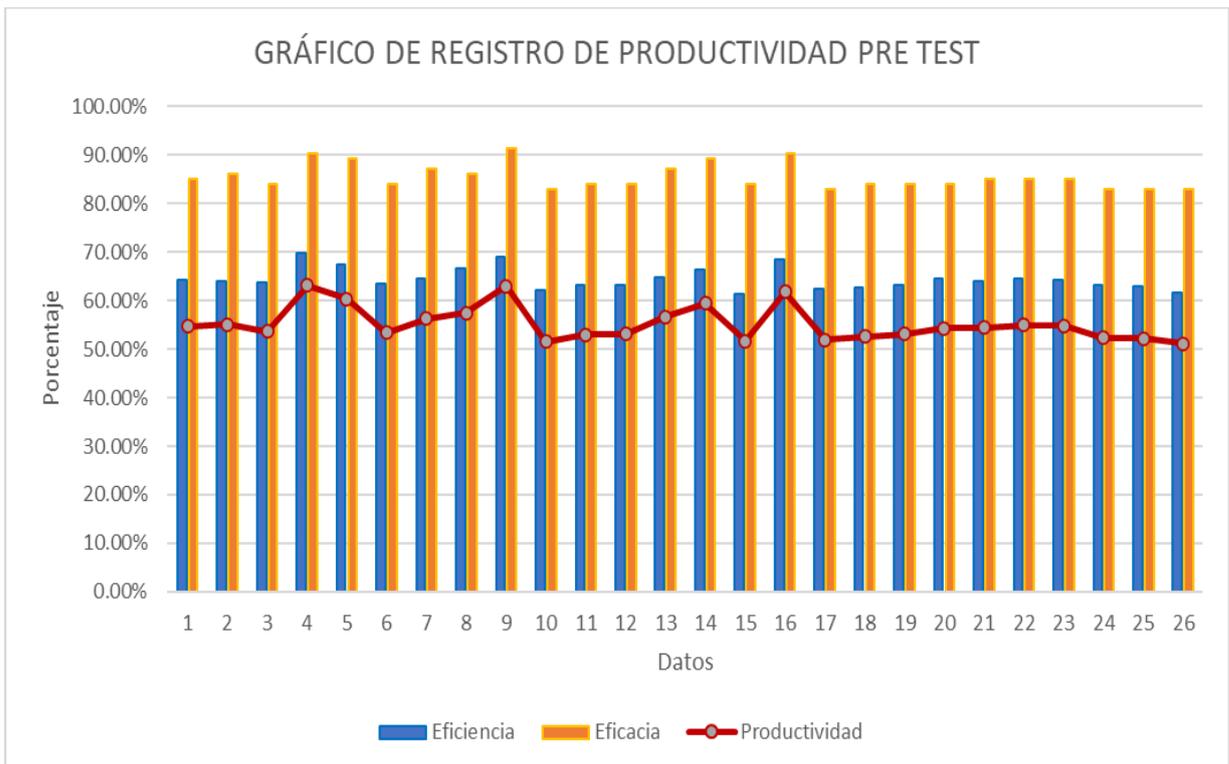


Tabla 10
Relación de personal

Área	Personal	Auxiliares
Mantenimiento electromecánico menor	1	1
Mantenimiento mecánico menor	1	1
Mantenimiento neumático menor	1	1
Soldadura	2	5
carpintería metálica	2	5
construcción mecánica (moldes y estructuras)	2	3
Montaje y desmontaje de maquinaria menor	4	3
Mantenimiento de partes de maquinaria pesada.		
Administración	2	
almacén.	1	
Patio – deposito		
Total	16	19

Nota: Nota personal es personal de planilla, auxiliares son practicantes por convenio

Para el analisis de Pareto se convoco al siguiente personal:

1. Gerente de la empresa
2. Administracion de taller
3. Supervisor Soldadura
4. Supervisor Carpinteria metalica
5. Supervisor construccion mecanica (moldes y estrucutras)
6. Supervisor Montaje y desmontaje de maquinaria menor
7. Supervisor Mantenimiento de partes de maquinaria pesada.
8. Encargado almacen.

Total participantes 11

Se escuchó los motivos que tenían los trabajos entre ellos se demoran, desperdicio de tiempo, materiales, espacio y en general de los activos fijos. Tras escuchar con los participantes se depuro el siguiente diagrama de Causa – Efecto

Figura 5

Diagrama Causa-Efecto

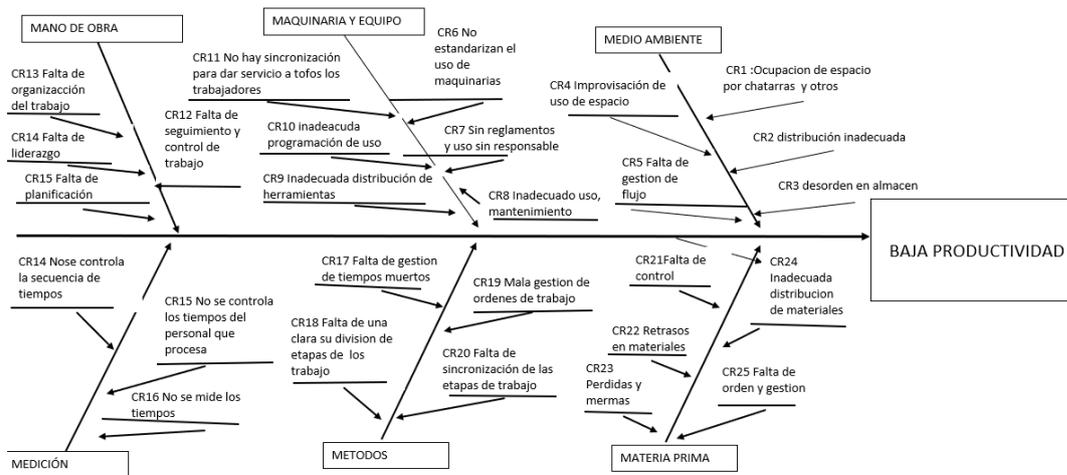


Tabla 11
 Análisis de Pareto

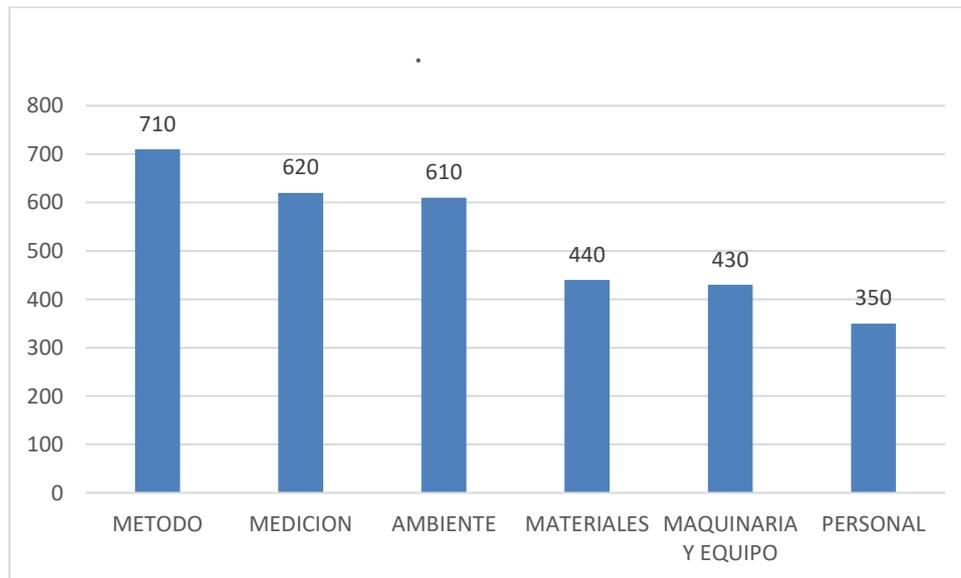
3>2>1				
MATERIA PRIMA	Votación	Prioridad	Ponderación	resultado
Inadecuada distribución	3	3	30	270
Falta de orden y gestión	2	2	20	80
Falta de control	3	1	20	60
Retrasos en materiales	2	1	10	20
Perdidas y mermas	1	1	10	10
		1	10	0
	11		100	440
MANO DE OBRA	Resultado	Prioridad	Ponderación	resultado
Falta de organización del trabajo	2	3	30	180
Falta de estandarización en los trabajos	2	2	20	80
método de trabajo secuencial	2	1	20	40
Inadecuada planificación de trabajo	1	1	10	10
Falta de liderazgo	1	1	5	5
Falta de planificación	1	1	5	5
Falta de tiempos estándares	1	3	5	15
Falta de seguimiento y control de trabajo	1	3	5	15
	11		100	350
MAQUINARIA Y EQUIPO	Resultado	Prioridad	Ponderación	resultado
Inadecuada distribución de herramientas	3	3	30	270
Inadecuada programación de uso	2	2	20	80
no estandarizado su uso	2	1	20	40
Sin reglamentos y uso sin responsable	1	1	10	10
No hay sincronización para dar servicio a todos los trabajos	2	1	10	20
Inadecuado uso, mantenimiento	1	1	10	10
	11		100	430
METODOS	Resultado	Prioridad	Ponderación	resultado
Mala gestión de órdenes de trabajo	4	3	40	480
Falta de una clara su división de etapas de los trabajos	3	2	30	180
Falta de sincronización de las etapas de trabajo	1	1	20	20
Falta de gestión de tiempos muertos	3	1	10	30
	11		100	710
MEDICION	Resultado	Prioridad	Ponderación	resultado
No se mide los tiempos y sub-tiempos del trabajo	4	2	40	320
NO se controla la secuencia de tiempos	3	2	30	180
No se controla los tiempos del personal que procesa	1	3	20	60
Falta de programación de tiempos en personal, áreas, trabajos sus trabajos	3	2	10	60
	11		100	620

MEDIO AMBIENTE	Resultado	Prioridad	Ponderación	resultado
Ocupación de espacio por chatarra y otros	3	3	40	360
distribución inadecuada	3	2	30	180
Desorden en almacén	2	1	20	40
Falta de gestión de flujo	2	1	10	20
improvisación de uso de espacio	1	1	10	10
Total	11		110	610

Tabla 12

Orden de influencia de los factores

Factor	Puntaje
METODO	710
MEDICION	620
AMBIENTE	610
MATERIALES	440
MAQUINARIA Y EQUIPO	430
PERSONAL	350

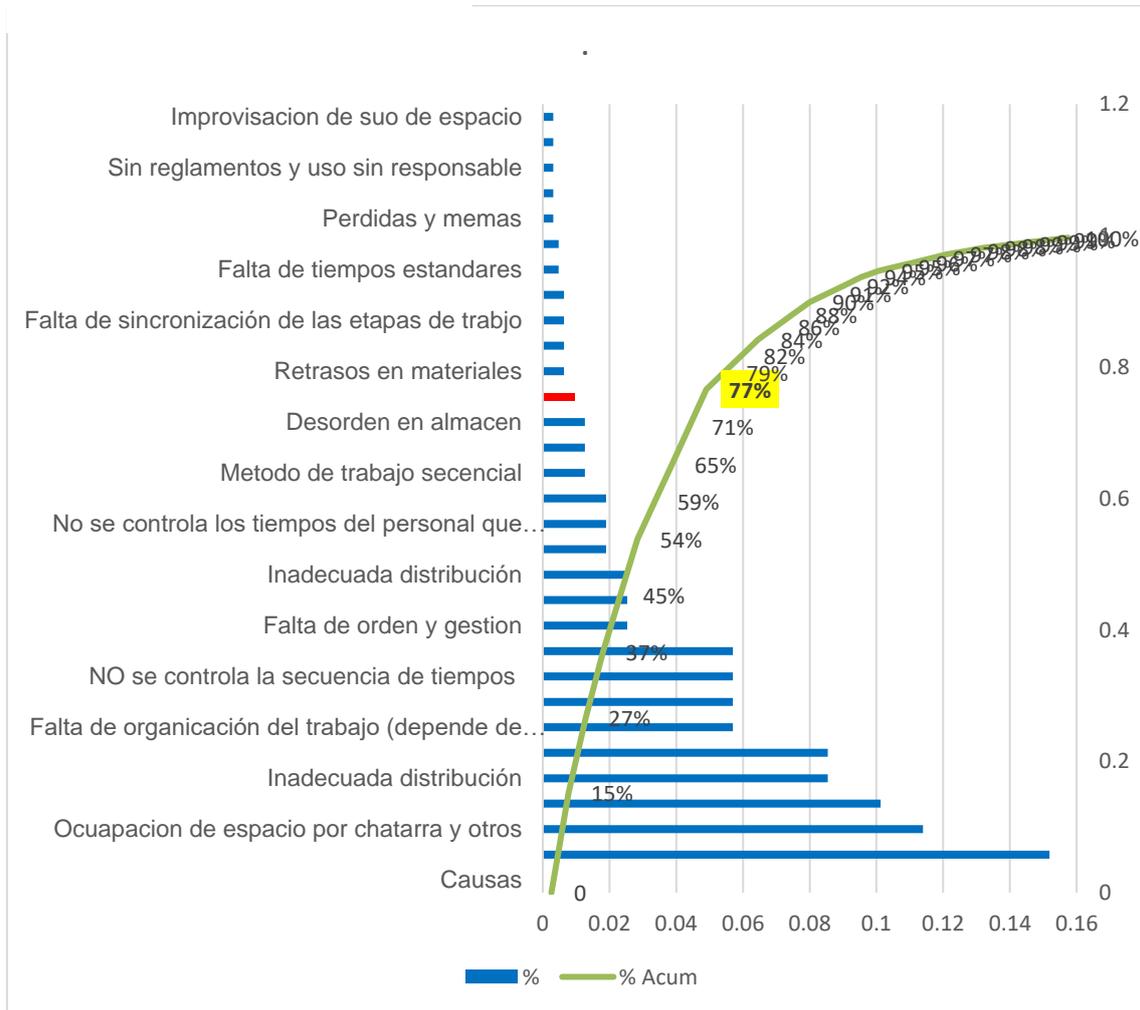
Figura 6
Orden de influencia de los factores

Tabla 13
Priorización de Pareto

Causas	Puntaje	%	% Acum
Mala gestión de órdenes de trabajo	480	15%	15%
ocupación de espacio por chatarra y otros	360	11%	27%
No se mide los tiempos y sub-tiempos del trabajo	320	10%	37%
Inadecuada distribución	270	9%	45%
Inadecuada programación de uso	270	9%	54%
Falta de organización del trabajo (depende de varias áreas)	180	6%	59%
Falta de una clara su división de etapas de los trabajos	180	6%	65%
NO se controla la secuencia de tiempos	180	6%	71%
distribución inadecuada	180	6%	77%
Falta de orden y gestión	80	3%	79%
Falta de estandarización en los trabajos	80	3%	82%
Inadecuada distribución	80	3%	84%
Falta de control	60	2%	86%
No se controla los tiempos del personal que procesa	60	2%	88%

Falta de programación de tiempos en personal, áreas, trabajos	60	2%	90%
Método de trabajo secuencial	40	1%	91%
No estandarizado su uso	40	1%	92%
Desorden en almacén	40	1%	94%
Falta de gestión de tiempos muertos	30	1%	95%
Retrasos en materiales	20	1%	95%
No hay sincronización para dar servicio a todos los trabajos	20	1%	96%
Falta de sincronización de las etapas de trabajo	20	1%	97%
Falta de gestión de flujo	20	1%	97%
Falta de tiempos estándares	15	0%	98%
Falta de seguimiento y control de trabajo	15	0%	98%
Perdidas y memas	10	0%	98%
Inadecuada planificación de trabajo	10	0%	99%
Sin reglamentos y uso sin responsable	10	0%	99%
Inadecuado uso, mantenimiento	10	0%	99%
improvisación de uso de espacio	10	0%	100%
Falta de liderazgo	5	0%	100%
Falta de planificación	5	0%	100%
	3160	100%	

Figura 7

Diagrama de Pareto



Las causas raíces principales que afectan la Productividad en el Proceso de Elaboración de Vigas- Columnas- Diagonales, son:

Tabla 14

Principales Causas Raíces que afecta la productividad

Causa	Cantidad	%	% Acum
Mala gestión de órdenes de trabajo	480	15%	15%
ocupación de espacio por chatarra y otros	360	11%	27%
No se mide los tiempos y sub-tiempos del trabajo	320	10%	37%
Inadecuada distribución	270	9%	45%

Tabla 15. Matriz de Indicadores

CR	CAUSA RAIZ	INDICADOR	FORMULA	VALOR ACTUAL %	PERDIDA INICIAL	VALOR META%	PERDIDA FINAL	BENEFICIO (ahorro)	HERRAMIENTAS
CR1	Ocupación de espacio por chatarra y otros	% de capacitación sobre 5 s en el área de producción	N° de operarios capacitados con 5 s /total de operarios en área de producción	16.7%	S/ 9,000.00	80%	S/ 2,160.00	S/ 6,840.00	5s
CR9	Inadecuada distribución de herramientas								
CR16	No se mide los tiempos y subtiempos	lead time /takt time	takt= tiempo disponible/unidades demandadas por el cliente	93.6%	S/ 15,600.00	99%	S/ 2,340.00	S/ 13,260.00	vsm
CR19	Mala gestión de ordenes de trabajo	% Pedidos entregados a tiempo	N° de pedidos entregados a tiempo/N° total de pedidos solicitados	33.3%	S/ 1,600.00	100%	S/ -	S/ 1,600.00	smed
TOTAL					S/. 26,200.00		S/4,500.00	S/. 21,700.00	

Nota. Elaboración propia

Causas CR1 y CR9: Ocupación de espacio por chatarra y otros // Inadecuada distribución de herramientas

Para poder realizar el calculo del costo, se determinó que solo el 16.7% aproximadamente de trabajadores recibieron ciertas capacitaciones mensuales de 5S, rindiendo 2 productos adicionales diario promedio de quienes no llevaron la capacitación, el costo de productividad es el equivalente de lo que se podría ganar si los operarios sin ser capacitados son capacitados.

Esto equivale 60 soles por trabajador porque la ganancia del retén vale 1.15 soles por 2 retenes que se pueden fabricar adicionales por los 26 días laborales, da un producto de 60 soles por trabajador.

Figura 1. Costos de Operarios sin Capacitación de 5S.

MESES	OPERARIOS SIN SER CAPACITADOS	COSTO DE PRODUCTIVIDAD		TOTAL DE PERDIDA	
ENERO	12	S/	60.00	S/	720.00
FEBRERO	13	S/	60.00	S/	780.00
MARZO	13	S/	60.00	S/	780.00
ABRIL	11	S/	60.00	S/	660.00
MAYO	13	S/	60.00	S/	780.00
JUNIO	12	S/	60.00	S/	720.00
JULIO	13	S/	60.00	S/	780.00
AGOSTO	12	S/	60.00	S/	720.00
SETIEMBRE	13	S/	60.00	S/	780.00
OCTUBRE	13	S/	60.00	S/	780.00
NOVIEMBRE	12	S/	60.00	S/	720.00
DICIEMBRE	13	S/	60.00	S/	780.00
	12.50			S/	9,000.00

Causa CR16: No se mide los tiempos y subtiempos

Dentro del periodo de trabajo hay una perdida en días al mes que no se trabaja y causando una pérdida para la empresa, calculada al monto total de los sueldos por día de cada trabajador.

Esto es por cada día 780 soles, ya que existen 15 trabajadores que reciben 6.5 soles por hora trabajada, y la jornada diaria es de 8 horas.

Figura 2. Costos de días perdidos

MESES	DÍAS PERDIDOS	COSTO POR DIA	TOTAL DE PERDIDA
ENERO	2	S/ 780.00	S/ 1,560.00
FEBRERO	2	S/ 780.00	S/ 1,560.00
MARZO	1	S/ 780.00	S/ 780.00
ABRIL	3	S/ 780.00	S/ 2,340.00
MAYO	1	S/ 780.00	S/ 780.00
JUNIO	2	S/ 780.00	S/ 1,560.00
JULIO	1	S/ 780.00	S/ 780.00
AGOSTO	2	S/ 780.00	S/ 1,560.00
SETIEMBRE	1	S/ 780.00	S/ 780.00
OCTUBRE	2	S/ 780.00	S/ 1,560.00
NOVIEMBRE	2	S/ 780.00	S/ 1,560.00
DICIEMBRE	1	S/ 780.00	S/ 780.00
	1.67		S/ 15,600.00

Causa CR19: Mala gestión de ordenes de trabajo

La empresa tiene que cumplir con una entrega semanal con la empresa G&G son 4 entregas al mes, si no se entrega a tiempo, esto causa una pérdida.

Figura 3. Costos de pedidos retrasados

MESES	PEDIDOS RETRASADOS A G&G	COSTO DE RETRASO	TOTAL DE PERDIDA
ENERO	3	S/ 50.00	S/ 150.00
FEBRERO	2	S/ 50.00	S/ 100.00
MARZO	2	S/ 50.00	S/ 100.00
ABRIL	3	S/ 50.00	S/ 150.00
MAYO	4	S/ 50.00	S/ 200.00
JUNIO	3	S/ 50.00	S/ 150.00
JULIO	2	S/ 50.00	S/ 100.00
AGOSTO	2	S/ 50.00	S/ 100.00
SETIEMBRE	3	S/ 50.00	S/ 150.00
OCTUBRE	3	S/ 50.00	S/ 150.00
NOVIEMBRE	2	S/ 50.00	S/ 100.00
DICIEMBRE	3	S/ 50.00	S/ 150.00
	2.67		S/ 1,600.00

Se realizará un diagnóstico actual para poder ver la mejora una vez aplicada las herramientas Lean, para eso se asignará un puntaje, la cual se clasificará de la siguiente forma:

1. 0 -> Inexistente
2. 1.5 -> En Procesamiento
3. 3 -> Existente

Causa 1: Mala Gestión de órdenes de trabajo

Esta causa tiene una representación de 11% identificado dentro del proceso, generando así retrasos al momento de comenzar el día laboral.

Con la finalidad de obtener información inicial sobre la Gestión de órdenes de trabajo se realizará el análisis siguiente, visualizándose la siguiente tabla con nuestros indicadores:

Tabla 16

Causa 1: Mala Gestión de órdenes de Trabajo

TALLER DE VIGAS Y CABLES

1	Área Proceso	Ítem	Criterio a evaluar	Operaciones Elaboración de vigas-columnas- diagonales.		
				0	1.5	3
		1	Puestos designados	X		
		2	Funciones según puesto		X	

Mala	3	Ubicación en planta del Puesto	
Gestión de órdenes de trabajo			X

En la tabla anterior se puede visualizar la información obtenida tras la inspección inicial, permitiéndonos conocer el nivel de oportunidad presente y conocer la situación actual de la empresa respecto a la pérdida de información.

Tabla 17

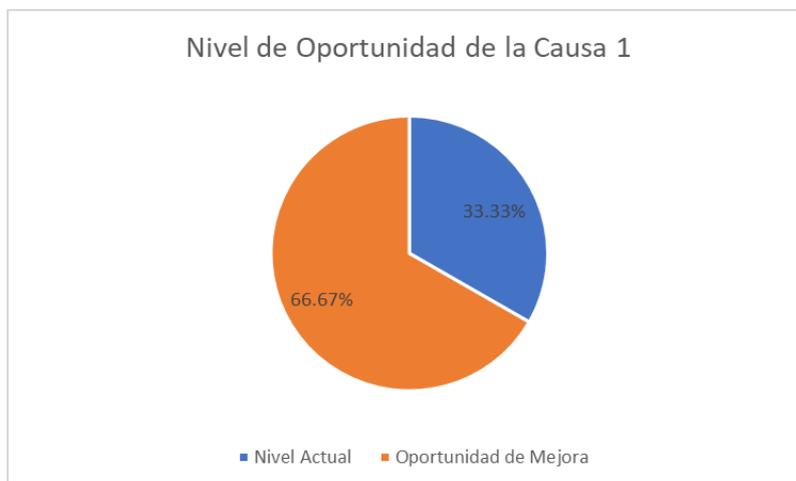
Puntaje obtenido de la Causa 1

Nº	Puntaje	%
1	0	0%
2	1.5	16.66%
3	1.5	16.66%
SUMATORIA	3	33.33%
TOTAL	9	100%

En la siguiente figura, podemos visualizar el nivel de oportunidad presente en el proceso y el nivel de oportunidad de mejora respecto a la implementación y mejora de los procedimientos de labor.

Figura 8

Nivel de Oportunidad de la Causa 1



Causa 2: Ocupación de espacio por chatarra y otros.

En taller de vigas y cables, los trabajadores del área de operaciones tienen mala costumbre de arrojar la basura en espacios que no son considerados para ello. Además de que no hay un área de limpieza y es necesario que el personal limpie su zona de trabajo al finalizar.

Con la finalidad de obtener la información inicial sobre la Ocupación de espacio por chatarra y otros, se realizará el análisis siguiente, visualizándose la siguiente tabla con nuestros indicadores:

Tabla 18

Causa 2: Ocupación de espacio por chatarra y otros.

TALLER DE VIGAS Y CABLES					
Área Proceso			Operaciones Elaboración de vigas- columnas-diagonales.		
2	Ítem	Criterio a evaluar	0	1.5	3
Ocupación de espacio por chatarra y otros.	1	Posición de Basureros		X	
	2	Normas de Limpieza	X		
	3	Reglas de disciplina	X		

En la tabla anterior se puede visualizar la información obtenida tras la inspección inicial, permitiéndonos conocer el nivel de oportunidad presente y conocer la situación actual de la empresa respecto al exceso de desechos.

Tabla 19

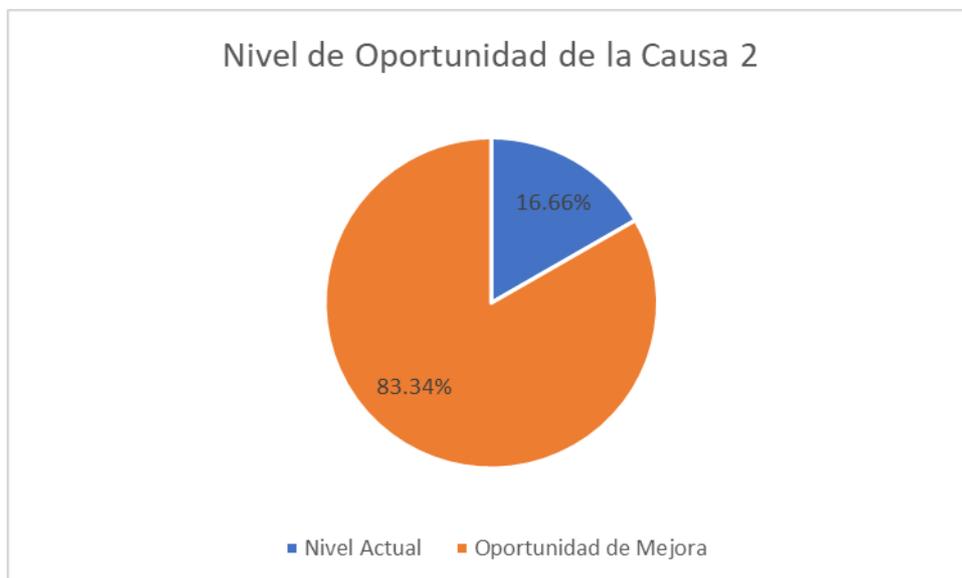
Puntaje Obtenido de la Causa 2

N°	Puntaje	%
1	1.5	16.66%
2	0	0%
3	0	0%
SUMATORIA	1.5	16.66%
TOTAL	9	100%

En la siguiente figura, podemos visualizar el nivel de oportunidad presente en el proceso y el nivel de oportunidad de mejora respecto a la implementación y mejora de los procedimientos de labor.

Ilustración 9

Nivel de Oportunidad de la Causa 2



Causa 3: No se mide los tiempos y sub-tiempos del trabajo

En taller de vigas y cables, no existe una medida de tiempos de los procesos que se realizan.

Con la finalidad de obtener la información inicial sobre No se mide los tiempos y sub-tiempos del trabajo, se realizará el análisis siguiente, visualizándose la siguiente tabla con nuestros indicadores:

Tabla 20

Causa 3: No se mide los tiempos y sub-tiempos del trabajo

TALLER DE VIGAS Y CABLES

Área Proceso			Operaciones Elaboración de vigas- columnas-diagonales.		
			0	1.5	3
3	Ítem	Criterio a evaluar			
No se mide los tiempos y sub- tiempos del trabajo.	1	Procesos diferenciados		X	
	2	Conocimiento de Actividades dentro de los procesos	X		
	3	Personal y tiempo designado para realizarlo	X		

En la tabla anterior se puede visualizar la información obtenida tras la inspección inicial, permitiéndonos conocer el nivel de oportunidad presente y conocer la situación actual de la empresa respecto al exceso de desechos.

Tabla 21

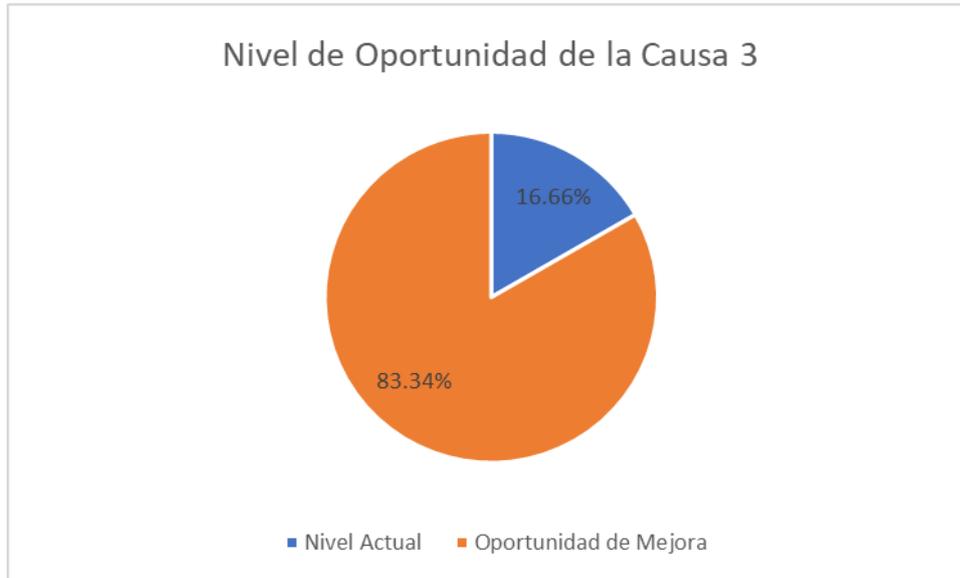
Puntaje Obtenido de la Causa 3

N°	Puntaje	%
1	1.5	16.66%
2	0	0%
3	0	0%
SUMATORIA	1.5	16.66%
TOTAL	9	100%

En la siguiente figura, podemos visualizar el nivel de oportunidad presente en el proceso y el nivel de oportunidad de mejora respecto a la implementación y mejora de los procedimientos de labor.

Figura 10

Nivel de Oportunidad de la Causa 3



Causa 4: Inadecuada distribución

El taller de vigas y cables es un taller pequeño que intenta tener una adecuada distribución de las maquinarias, herramientas, Materiales, Productos; para poder realizar los diferentes procedimientos que se realizan en el taller.

Con la finalidad de obtener la información inicial sobre Inadecuada distribución, se realizará el análisis siguiente, visualizándose la siguiente tabla con nuestros indicadores:

Tabla 22

Causa 4: Inadecuada distribución

TALLER DE VIGAS Y CABLES

Área Proceso				Operaciones Elaboración de vigas- columnas-diagonales.		
	3	Ítem	Criterio a evaluar	0	1.5	3
No se mide los tiempos y sub- tiempos del trabajo.	1	Orden por descripción		X		
	2	Orden por proceso		X		
	3	Espacio considerable			X	

En la tabla anterior se puede visualizar la información obtenida tras la inspección inicial, permitiéndonos conocer el nivel de oportunidad presente y conocer la situación actual de la empresa respecto al exceso de desechos.

Tabla 23

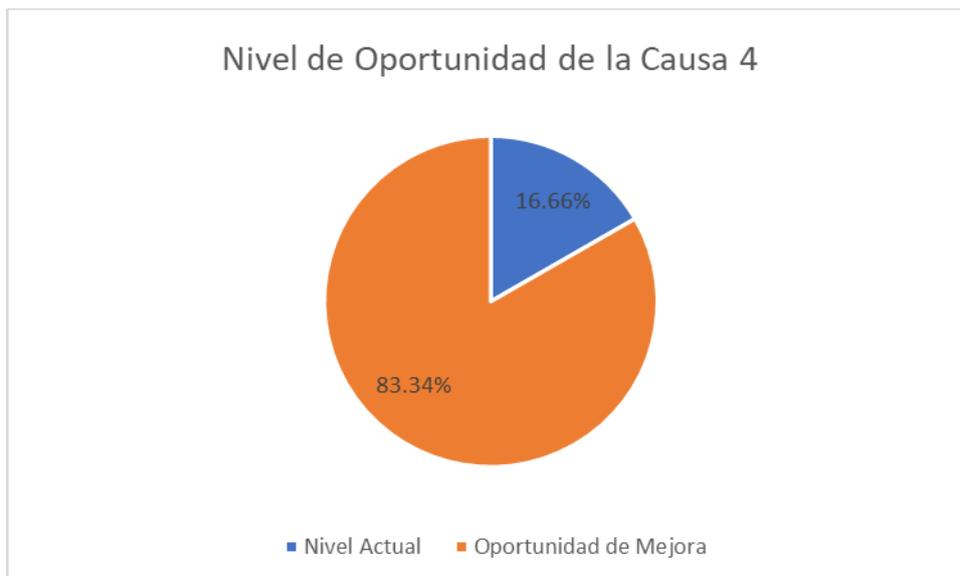
Puntaje Obtenido de la Causa 4

N°	Puntaje	%
1	0	0%
2	0	0%
3	1.5	16.66%
SUMATORIA	1.5	16.66%
TOTAL	9	100%

En la siguiente figura, podemos visualizar el nivel de oportunidad presente en el proceso y el nivel de oportunidad de mejora respecto a la implementación y mejora de los procedimientos de labor.

Figura 11

Nivel de Oportunidad de la Causa 4



1. Aplicación de Herramientas

Metodología 5S

Implementación del Seiri – Clasificar

En primer lugar, se llevó a cabo una sesión de formación sobre esta "S" en particular antes del proceso de implantación como tal, dando a los participantes la oportunidad de que se tratara cualquier pregunta o duda sobre la implantación de esta "S". Se organizó una reunión combinada para fomentar el compromiso y la implicación tanto de los empleados como del consejo de administración como parte de la primera formación e introducción de los principios de las 5'S que se impartió. Al tener en cuenta la inducción que se proporciona a los trabajadores y al consejo de administración sobre los conceptos de la aplicación de las 5'S, es importante tener en cuenta que el concepto no siempre se entiende en profundidad; más bien, la gente entiende este sistema como una práctica de limpieza y orden. Por ello, al principio hay muchos retos, pero las cosas empiezan a ser más fáciles cuando se incorpora la tercera "S" al proceso. Después, el objetivo de la formación es informar a los empleados y al consejo de administración sobre los principios y las ventajas de la primera "S". Esto se consigue proporcionando ejemplos concretos de escenarios del mundo real, lo que permite a los trabajadores ponerse a trabajar en cuanto termina la reunión. Utilizando diversas formas de visualización multimedia, el proceso se lleva a cabo como se detalla a continuación: Conceptos de las 5'S, beneficios de las 5'S, implementación del Seiri.

Las ideas y las ventajas desarrolladas en la empresa se perfilan en función de los siguientes temas: aumento de la calidad, crecimiento institucional, clientes satisfechos,

cumplimiento de los envíos, reducción de costes y gastos, y mejora de la productividad global.

Es importante seguir una serie de instrucciones para ejecutar con éxito la primera "S", también conocida como Seiri. En este escenario, es importante comprender el significado del término "Seiri", que se define como "distinguir lo necesario de lo que no lo es y descartar lo innecesario".

El inicio de la tarea puede desglosarse en tres sencillos pasos:

Hacer un inventario de los componentes o equipos utilizables, elaborar una lista de los componentes o equipos que ya no son útiles en el área de trabajo y, a continuación, destruir o poner fuera de servicio lo que se descubra en la segunda lista.

Una vez identificados los componentes que formaban el almacén y las áreas que forman parte de él, fue posible obtener una comprensión holística del almacén y sus componentes, además de las funciones que desempeña y su importancia dentro del desempeño de la organización. En consecuencia, tras conocer estos principios, la primera etapa del proceso de categorización aconsejaba eliminar de las áreas de trabajo todo aquello que pudiera obstaculizar el normal desarrollo del almacén y del personal que trabajaba en él. En este sentido, fue necesario adquirir un conocimiento del tema en cuestión y realizar una investigación en profundidad en el mismo para diferenciar entre la información que es valiosa y la que no lo es. A continuación, como se desprende de lo expuesto hasta ahora, se elaboró un registro que detallaba cada uno de los elementos que constituyen el almacén. Además, se elaboró un registro que incluía información sobre los componentes o equipos que ya no son necesarios en la región por diversas razones, entre

ellas el hecho de que el equipo sea inútil o no pueda funcionar, así como el hecho de que el equipo esté incompleto o en mal estado.

En cuanto se determinó qué equipos o componentes iban a ser desechados o subastados a bajo precio por ser inútiles y aportar muy poco valor a la organización, se eliminaron estos componentes, lo que supuso un aumento de espacio, que se considera beneficioso para la organización. Al mismo tiempo, se reorganizaron y desecharon elementos del almacén como cajas, herramientas, utensilios y palés para mejorar la funcionalidad del almacén y su rendimiento general.

Este primer paso proporciona una serie de beneficios, algunos de los cuales son los siguientes: un aumento en la cantidad de espacio que se puede utilizar, una mejora en términos de control de existencias, una reducción de los residuos (en este caso, la pérdida o extravío de equipos y componentes), y una reducción en el número de accidentes que se producen en la zona. Una vez realizadas las tareas anteriores como inicio de la implantación de las 5'S, y más concretamente de la primera "S" el Seiri, el siguiente paso fue la creación de tarjetas de identificación de los elementos fungibles que componen la lista. Estas tarjetas debían servir para llevar la cuenta de quién había realizado cada tarea. En este caso, la tarjeta debía utilizarse con colores vivos para facilitar su reconocimiento, por lo que se eligió el color rojo para imprimirla. Hay que colocar una tarjeta roja junto a cada artículo que se haya determinado que no es necesario. A continuación, se clasificaron los productos y piezas de equipo según el área en la que se utilizarían, y luego se les dio una calificación basada en determinados criterios, como:

Equipos que estaban dañados o a los que les faltaban piezas

Equipos que llevaban mucho tiempo en el almacén sin tener una finalidad concreta; etc.

Equipos clasificados en función de sus atributos individuales

Equipos cuyo destino no es totalmente seguro

Equipos cuyo valor no está específicamente determinado

Por lo tanto, después de definir estas palabras, pasamos a la siguiente parte de la aplicación de la tarjeta roja, que era continuar la operación de aplicar la primera "S", que era Seiri. Esto se logró pasando a la siguiente sección de la solicitud. A continuación, se explica lo que significa la expresión "tarjeta roja" cuando se utiliza en este contexto: La tarjeta roja es una herramienta de control visual que se utiliza para identificar de un vistazo las cosas cuya utilidad es dudosa y que deben ser destruidas o trasladadas para mejorar la organización de las distintas divisiones de la empresa.

Esto se hace con el fin de mejorar la eficiencia global de la empresa. Después de tener en cuenta todas estas consideraciones, es esencial hacer uso de la tarjeta roja para indicar los artículos que son desechables de una manera que permita la detección visual directa. Como consecuencia directa de lo anterior, pasamos a la siguiente fase, que es la preparación de las tarjetas de la forma indicada en el párrafo anterior. También es importante señalar que el color es mayoritariamente rojo, ya que se pretende que el personal lo reconozca inmediatamente, lo que le permitirá tomar medidas correctoras lo antes posible. La razón es que el tono debe ser fácil de identificar para los empleados. Como resultado directo de esto, la tarjeta de la lista de productos que se pueden tirar que representa los componentes no esenciales ha sido modificada a una tarjeta roja.

Figura 12

Tarjeta roja

Tarjeta Roja 5S's		
CATEGORIA	1. Maquinaria 2. Accesorios y herramientas 3. Instrumento de medición	4. Materia prima 5. Producto terminado 6. Equipo de oficina
NOMBRE DEL ARTICULO		FECHA
LOCALIZACION	DEPARTAMENTO	CANTIDAD
RAZONES	1. No se necesitan 2. No se necesita pronto 3. Material de desperdicio 4. Uso desconocido	5. Excedente 6. Obsoleto 7. Contaminante 8. Otro
METODO DE ELIMINACION	1. Tirar 2. Vender 3. Otros 4. Mover areas externas 5. Mover a almacen	Desecho completo Firma autorizada(s)

En este sentido, este procedimiento se llevó a cabo para los elementos restantes de la lista de bienes fungibles, con el fin de poder tomar medidas correctivas sobre la ubicación de estos equipos y el procedimiento a seguir para eliminarlos, repararlos o reciclarlos, según las circunstancias. Esto se hizo para poder tomar medidas correctivas

sobre la ubicación de estos equipos y el procedimiento a seguir para reciclarlos. Una vez concluidas las etapas anteriores, se colocó una tarjeta roja en la maquinaria o elemento que se había determinado que debía ser desechado o reubicado en un lugar diferente para que fuera más evidente a simple vista. Posteriormente, se realizaron los siguientes procedimientos para sacar el máximo provecho de estos elementos, en caso de que, además de ser desechados, puedan ser subastados, vendidos o incluso reparados. A la luz de la información presentada anteriormente, la primera "S" debe realizarse con exactitud para que sirva de pilar fundamental que permita avanzar a la siguiente fase o etapa. A su vez, la etapa de preparación es esencial ya que es la que construye una plataforma firme, lo cual es importante para evitar malentendidos a lo largo del proceso de puesta en marcha de la estrategia. En conclusión, el procedimiento de auditoría se realizó con el propósito de determinar si se captaron o no los conceptos que se enseñaron para ser aprendidos, así como analizar el proceso de puesta en práctica de la primera "S". Esto se hizo con el fin de determinar si se captaron o no las ideas que se enseñaron para ser aprendidas. El formato de auditoría de la primera "S" en este contexto, que muestra el estado de la puesta en práctica tanto antes como después de su finalización.

Implementación del Seiton – Ordenar

Es absolutamente necesario adherirse a un conjunto de protocolos para ejecutar con éxito la segunda "S" de las 5'S, que se denomina Seiton. La ubicación de lo básico es la forma en que se entiende el Seiton, por lo que se caracteriza de esa manera. En este contexto, las acciones que había que seguir para ejecutar el Seiton eran las siguientes:

- De acuerdo con los criterios, el equipo y los componentes relacionados deben ser colocados.

- Compruebe que el equipo no se manipula de forma inadecuada desde el punto de vista de la seguridad.
- En términos de calidad, asegúrese de que el equipo se mantiene en condiciones que no interfieran con su capacidad para realizar sus funciones.

Es fundamental reducir el tiempo de búsqueda para maximizar la eficacia.

Lo último que hay que hacer es establecer procedimientos para que las actividades se conviertan en rutinarias.

Por ello, una vez comprendidas las etapas de la implantación, se puede llegar a la conclusión de que las circunstancias que se observan de forma habitual repercuten en el crecimiento del almacén. El transporte innecesario de equipos y suministros es un ejemplo de este problema. Otro es la disminución de la productividad que resulta que los responsables tengan que dedicar un tiempo excesivo a la búsqueda de equipos en el almacén.

Entonces, inicialmente para delimitar el orden correcto de los equipos se necesitó verificar la frecuencia de movimiento o índice de rotación de este, en este sentido se detalla la frecuencia de requerimiento de los equipos ordenados por tipo:

Figura 13

Listado de acciones realizadas – Proceso Fresadora

DESCRIPCIÓN DEL ARTICULO	UBICACIÓN	ACCIONES
Fresadora	FRESADORA	Conserva su lugar
Taladro		Conserva su lugar
Cepillo		Conserva su lugar
Estante de herramientas		Organizar
Fresas		Organizar
Escareadores		Organizar
Llave de tubo		Organizar
Ejes		Organizar
Fresas madres		Organizar
Moldes		Organizar
Baldes		Reubicar
Mesas		Conserva su lugar
Sillas		Conserva su lugar
Caja de herramientas		Conserva su lugar
Gabinetes		Conserva su lugar
Desechos		Eliminar

Figura 14

Listado de acciones realizadas – Proceso Soldadura

DESCRIPCIÓN DEL ARTICULO	UBICACIÓN	ACCIONES
Maquina de soldar	SOLDADURA	Conserva su lugar
Ventilador grande		Reubicar
Sequeta eléctrica		Conserva su lugar
Cizalla Múltiple		Reubicar
Prensa Hidráulica		Reubicar
Biombos		Reubicar
Compresor		Reubicar

Figura 15

Listado de acciones realizadas – Proceso Torno

DESCRIPCIÓN DEL ARTICULO	UBICACIÓN	ACCIONES
Torno	TORNO	Conserva su lugar
Luneta		Organizar
Plato Autocentrante 3 Mordazas		Organizar
Plato Autocentrante 4 Mordazas		Organizar
Calibrador		Organizar
Indicador de caratula		Organizar
Micrómetro		Organizar
Gabinetes		Organizar
Cilindro de compresor		Eliminar
Desechos de torno		Eliminar
Esmeril		Conserva su lugar
Taladro		Reubicar
Mesa de prensa		Reubicar
Nevera		Eliminar
Sillón		Eliminar
Puente enderezador de eje		Reubicar
Mesa para desplaz. en taladro		Reubicar
Chatarra para montaje		Reubicar
Mesa Inclinada de taladro		Conserva su lugar
Burro para carga		Reubicar
Carretillas		Reubicar
Burros pequeños		Reubicar
Llanta		Eliminar

Figura 16

Listado de acciones realizadas – Proceso

DESCRIPCIÓN DEL ARTICULO	UBICACIÓN	ACCIONES
Arena usada	FUNDICION	Reubicar
Banco para detallar modelo		Conserva su lugar
Pulidora		Reubicar
Prensa		Reubicar
Lima		Reubicar
Sequeta		Reubicar
Cepillo		Reubicar
Herramientas Varias		Reubicar
Gabinete de fundición		Conserva su lugar
Horno de Cubilote		Conserva su lugar
Desechos de Madera		Eliminar
Baldes de Nodulización		Reubicar
Burro para baldes		Reubicar
Porta crisoles		Reubicar
Piedras para presionar cajas		Conserva su lugar
Tijeras para sacar crisoles		Reubicar
Portabaldes para colada		Reubicar
Palas		Reubicar
Basculas		Reubicar
Baldes Refractarios		Reubicar
Trituradoras de ladrillos refractarios		Conserva su lugar
Esmeriles para acabado		Conserva su lugar
Taladro		Eliminar
Roladora para hacer cilindros		Conserva su lugar
Sierra de madera		Conserva su lugar

Como se verá en los próximos párrafos, una vez descubiertos los sitios óptimos para cada tipo de producto, era vital visualizar la disponibilidad para evitar la escasez de productos. Averiguar con total seguridad lo que se utilizará en un futuro no muy lejano; conocer y distinguir las numerosas categorías de artículos; determinar la cantidad de cada tipo de producto accesible para su compra. Después de dedicar algún tiempo a calcular la frecuencia de uso de los distintos bienes en función de su categoría, se delimitó el espacio, o la región en la que se colocarían los objetos.

A continuación, los artículos se colocan en las partes adecuadas del almacén tras la delimitación de las zonas designadas para los distintos tipos de mercancías. A este

respecto, es fundamental tener en cuenta la constancia con la que se compran las cosas, además de la facilidad con la que se pueden entregar dichos productos a sus clientes. Debido a que son responsables de una cantidad considerable del total de ingresos mensuales, estos productos son los más importantes para la organización en su conjunto. Dado que se trata de un almacén propiedad de un operador logístico, es importante destacar que el único aspecto de la instalación que hay que investigar es la disponibilidad de productos para la compra. Dado que no se requiere saber cómo funciona el equipo ni quién es responsable de su funcionamiento, no es necesario que los artículos estén etiquetados. En su lugar, lo único que se requiere es una comprobación para ver si los artículos están todavía en stock y pueden seguir comprándose. No obstante, la rotación de artículos era un componente necesario para tener en cuenta la ubicación o el posicionamiento de los artículos en función de este factor. Después de realizar esta investigación, el paso siguiente fue organizar los espacios para que se correspondieran con lo que se había decidido. A continuación, utilizamos el método Seiton para definir las distintas zonas de almacenamiento y los productos que debían almacenarse en cada una de ellas, asegurándonos de que los componentes adecuados se almacenaran en las zonas correspondientes.

Figura 17

Listado de acciones realizadas – Proceso de fundición



El almacén de la empresa se manejaba con mayor eficacia gracias a la colocación estratégica de los artículos, que permitía organizar metódicamente los equipos, los objetos en general, las estanterías y los utensilios de limpieza. El resultado fue un entorno de trabajo más limpio y seguro. La colocación estratégica del producto, que conlleva varias ventajas, hizo posible este logro. La facilidad de visualización y la disponibilidad de los equipos en el momento requerido son dos de estas mejoras que se han conseguido en el almacén de la empresa. Otras mejoras son el mejor control de los equipos, que ha reducido las pérdidas, el aumento del valor del almacén, y la mejora también se denota en los indicadores que se evalúan. Gracias a la verificación física de los equipos, disminuyó el tiempo que tardaban los artículos en pasar por las instalaciones. Esto, a su vez, condujo a una reducción de la cantidad de manipulación de materiales que se requería, lo que condujo directamente a un aumento de la productividad. Esto se consiguió como

consecuencia directa de la facilidad con la que los jefes de almacén pudieron localizar las distintas piezas de equipo que necesitaban, lo que dio lugar a una gran reducción de la cantidad de tiempo que se dedicaba a buscar el equipo. Gracias a ello, los jefes de almacén tienen ahora más tiempo para dedicarse a otras tareas, como el empaquetado de artículos, el envío de pedidos o el trabajo empresarial en general.

Implementación del Seiso – Limpiar

Una vez establecidas las dos primeras "S", se pone en marcha la tercera "S", también conocida como "Seiso" o, más generalmente, "Limpieza". Para apreciar mejor la importancia de esta fase, veamos algunos de los posibles inconvenientes que pueden surgir si se hace de forma incorrecta: Un almacén que no se mantiene en orden puede ser causa de agravio para las personas que trabajan en él, y también puede tener implicaciones para los productos. Ambos problemas pueden evitarse manteniendo la zona limpia y organizada. Si los clientes creen que se trata de un aspecto adverso debido a que ni los artículos ni el almacén están limpios, se produce una disminución del agrado que tienen con la empresa. Esta necesidad crea un retraso antes de que se pueda realizar cualquier trabajo allí, ya que los lugares en cuestión no pueden funcionar correctamente si no están limpios.

Después de examinar las diversas complicaciones que pueden derivarse de una aplicación incorrecta o inexistente de la tercera "S", también conocida como Seiso, es muy necesario detallar el procedimiento que se seguirá: Para empezar, será importante limpiar todos los componentes y equipos que se guardan en el espacio del almacén, esto garantizará que todos los componentes y equipos han sido limpiados, puestos presentables y están listos para su uso o venta. Aplicar la idea de que "cuando se ensucie, límpialo

inmediatamente", lo que permitirá que la persona que ensució el equipo acepte la responsabilidad de volver a limpiarlo en el estado en que lo encontró. Además, hay que prestar especial atención a la limpieza general del lugar. Para lograr este objetivo, además de delegar a los limpiadores diariamente según el horario, también se hará la segunda etapa del procedimiento es la creación de medidas preventivas para evitar que se produzca la suciedad para lograr este objetivo, se ha elaborado una lista de "ideas" que fomentarán el establecimiento de actividades para evitar el ensuciamiento. Por último, pero no por ello menos importante, es fundamental tener en cuenta las cualidades operativas del aparato. Esto indica que, tras una inspección exhaustiva del aparato, los componentes deben devolverse al fabricante de donde proceden o arreglarse antes de que el aparato pueda volver a utilizarse. En el caso de que esto no pueda llevarse a cabo, se pasa a la siguiente fase del proceso de reparación, que puede incluir la eliminación del aparato o su desguace. Sin embargo, la organización debe ser bastante analítica en este sentido, haciendo evidente que los usuarios de estos espacios deben ser los primeros interesados y, por tanto, deben realizar actividades de prevención de la suciedad junto con sus actividades rutinarias durante la jornada laboral. La eliminación de la suciedad de los lugares comunes suele ser responsabilidad del personal de limpieza, pero la organización debe ser muy analítica al respecto. Además de implicar a cada persona que contribuya al funcionamiento de la empresa, esto también debería incluir a los miembros del consejo de administración.

Figura 18

Formato de orden y limpieza

LISTA DE CHEQUEO - EVALUACION ORDEN Y LIMPIEZA		
Empresa:	Sección:	Fecha Revisión:
Realizada por:		
SUELOS, PASILLOS Y VIAS DE CIRCULACIÓN	SI	NO
¿Los suelos están limpios, secos, sin desperdicios ni materiales innecesarios?		
¿Las vías de circulación del área de trabajo se pueden utilizar conforme a su uso previsto de forma fácil y con total seguridad para el personal y vehículos que circulen por ellas?		
¿Las características de los suelos, techos y paredes son tales que permiten su limpieza y mantenimiento?		
¿Están las vías de circulación de personas señalizadas?		
¿Los pasillos y zonas de tránsito están libres de obstáculos?		
MAQUINARIA Y EQUIPOS	SI	NO
¿Se encuentran limpias las máquinas y equipos en su entorno de todo material innecesario?		
¿Se encuentran libres de filtraciones innecesarias de aceites y grasas?		
HERRAMIENTAS	SI	NO
¿Están almacenadas en gabinetes o estantes adecuados, donde cada herramienta tiene su lugar?		
¿Se guardan limpias de aceite y grasas?		
¿Las eléctricas tienen el cableado y las conexiones en buen estado?		

La limpieza se llevó a cabo de acuerdo con las siguientes ideas: Preservación del equilibrio natural de cada uno de los ecosistemas, evaluación del estado de los bienes antes y después de la operación de limpieza, eliminación de las causas de los residuos y limpieza de las zonas de difícil acceso.

Tras la verificación de las actividades que se iban a realizar durante la limpieza, se definieron las tareas esenciales que se iban a llevar a cabo durante la misma. Estas tareas esenciales incluían la preparación del material de limpieza, la preparación del EPPS para los limpiadores, utilización del material de limpieza en los lugares adecuados, realización de la comprobación final del proceso de limpieza y el barrido de los suelos para eliminar los restos que pudieran haberse acumulado.

Implementación del Seiketsu – Estandarizar

En primer lugar, las tres "S" que le precedieron se ejecutaron con eficacia. Es esencial definir el éxito como la aplicación efectiva de algo, ya que, si hay fallos, será imposible solucionarlos al poner en práctica la cuarta "S", que se conoce como Seiketsu. Desde este punto de vista, se definen originalmente los posibles inconvenientes en los que puede incurrir la organización como resultado de poner en práctica la "S" anterior y no poner en práctica la normalización en estas fases: Se entiende que no hay un responsable con el que comunicarse en caso de que se produzca un incidente. Los equipos no están colocados de la mejor manera, lo que contribuye a su deterioro. El mantenimiento ya no se realiza semanal o mensualmente, lo que aumenta el riesgo de que se produzcan incidentes durante el proceso logístico. A partir de la comprensión de estas ideas fundamentales, la técnica Seiketsu propone las tres fases siguientes como medio para resolver los problemas descritos anteriormente:

Seguimiento de las normas: Es sabido que toda la maquinaria del almacén debe estar equipada con identificadores ópticos. Estos identificadores permiten al responsable del almacén determinar el estado actual de los artículos y la frecuencia de las inspecciones. Tras disponer de los identificadores visuales en los equipos para decidir cuándo es necesario realizar una inspección, es fundamental elegir a la persona autorizada para llevar a cabo esta tarea. Esta elección se hace después de tener los identificadores visuales en los equipos.

Control y seguimiento posterior: Una vez identificada la persona responsable de cada sección del almacén, ésta está obligada a realizar las tareas que se le asignen de forma periódica para garantizar que el almacén esté siempre en el mejor estado posible.

La organización de la empresa se compone de una serie de departamentos distintos, todos ellos vinculados entre sí a través de una serie de procedimientos que, en última instancia, tienen como resultado la generación de ingresos.

Ya definido el proceso operativo que ejecuta la empresa durante sus labores, se procedió a integrar las actividades correspondientes a las 5'S siguiendo el procedimiento siguiente:

Determinación de los procesos: Para mantener el trabajo en marcha, es necesario hacer los procedimientos de las actividades que se realizaban en la "S" anterior de forma repetitiva.

La realización de auditorías: En este sentido, se aplican las auditorías de cada "S" y se seleccionan los responsables de supervisar visualmente los procedimientos descritos. Esto se traduce en la delegación de la responsabilidad en el personal administrativo.

Evaluación: Tras la puesta en práctica de los instrumentos de análisis y diagnóstico para el estudio de la organización, se examinan los resultados adquiridos para poder subsanar los errores y adoptar medidas preventivas. Por lo tanto, tras la realización del procedimiento adecuado y la finalización de la evaluación de los procesos, pasamos a la ejecución de las medidas preventivas.

La clasificación se refiere a una variedad de métodos que pueden utilizarse para disminuir la acumulación de cosas.

Ordenar: El proceso de colocar los equipos de acuerdo con los lugares de almacenamiento asignados y de evitar la manipulación innecesaria de los equipos.

Limpieza: Eliminación o, al menos, reducción significativa de la suciedad en las instalaciones de almacenamiento, así como el diseño de medidas preventivas de la suciedad.

Los métodos de prevención se aplicaron de forma metódica y secuencial, repitiendo varias veces los procedimientos de las tres "S" anteriores. Esto se hizo para asegurar que las áreas, los almacenes y, en particular, los equipos y la empresa estuvieran en las mejores condiciones posibles para continuar con las operaciones de la organización. Estos procesos acabaron convirtiéndose en una rutina para los miembros de la organización como resultado de las medidas preventivas, que ayudaron a que se arraigaran en su sensibilidad individual. A continuación, el procedimiento de auditoría se llevó a cabo con la intención de determinar no sólo si los trabajadores habían retenido las lecciones, sino también la forma en que se había puesto en práctica la cuarta "S". En este sentido, el formato de auditoría de la cuarta "S" es exhaustivo, y muestra tanto el antes como el después de la ejecución del procedimiento.

FORMATO DE AUDITORIA 5S		CÓDIGO:					
		FECHA:					
		VERSIÓN:					
		PÁGINA:					
ZONA		AUDITOR					
ÁREA		FECHA					
	ASPECTOS	PUNTAJE					OBSERVACIONES
N°		1	2	3	4	5	
1	Los pisos y pasadizos se encuentran bien señalizados y libres de obstáculos						
2	Las cajas y armarios de herramientas están ordenados						
3	Las herramientas se encuentran en buen estado y se guardan en ambientes especiales (tableros, estantes, cajas)						

4	Los estantes donde son ubicados los repuestos, insumos y materiales se encuentran clasificados, ordenados y limpios						
5	Hay un correcto orden dentro de los gabinetes del personal						
6	Se cuenta con señalización de figura sombra de las herramientas para facilitar la identificación						
7	Son correctos los gabinetes y cajas de almacenamiento						
8	Ausencia de acumulación de polvo						
9	Se cuenta con los medios para realizar un correcto almacenamiento (portaherramientas)						
10	Se aplica el principio de un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar						
11	Están ordenadas los materiales de acuerdo con el tipo						
12	Los repuestos e insumos están clasificados de acuerdo con su compatibilidad y separados en ambientes adecuados						
13	No existen derrames que atenten contra el ambiente y la salud de los trabajadores						
14	Los ambientes se encuentran bien identificados						

15	Los cables, toma corrientes y enchufes se encuentran ordenados y protegidos adecuadamente.						
16	Disponen de los extintores suficientes y se encuentran ubicados estratégicamente.						
17	Disponen de los suficientes tachos de basura de acuerdo con el código y se ubican estratégicamente.						
18	La lista de comprobación de limpieza semanales está correctamente llenada y se respeta la programación establecida.						
19	Los insumos tóxicos, inflamables, corrosivos, explosivos y ácidos se encuentran debidamente separados.						
20	Disponen de los equipos, herramientas y materiales necesarios para hacer la limpieza.						
PUNTAJE							
<p>CALIFICACIÓN TOTAL: [0-30>MUY MALO, [30-50> MALO, [50-70> REGULAR, [70-90> BIEN, [90-100] EXCELENTE</p> <p>LEYENDA: 1 (Totalmente en Desacuerdo), 2 (En Desacuerdo), 3 (Regular), 4 (De Acuerdo), 5 (Totalmente de Acuerdo)</p>							

Implementación del Shitsuke – Disciplina

En primer lugar, todas las "S" anteriores se han ejecutado eficazmente. Se cree que la última "S" es la agrupación de éstas, y su objetivo es alcanzar la meta de las "5'S", que es optimizar la forma de gestionar el almacén. Esta idea se malinterpreta con bastante frecuencia, lo cual es la razón principal por la que ocurre lo siguiente: Si no se especifica de forma clara y explícita la práctica de estimular y fomentar el crecimiento de las "S" que le preceden, el proceso acabará volviendo al principio.

En este sentido, la última "S", también conocida como Shitsuke, se considera la parte más crucial de la técnica, y la razón de ello es que en esta última etapa es posible diferenciar si los enfoques anteriores fueron utilizados correctamente o no. Como consecuencia directa de este hecho, en el transcurso del desarrollo del método se realizaron las siguientes acciones: Esquematizar y resumir los procedimientos que hay que realizar para cumplir adecuadamente la tarea para los implicados; esto les ayudará a hacer un buen trabajo. Fomentar un patrón de rutina mediante la realización de las mismas actividades de forma constante; esto ayudará a que las personas responsables de la aplicación del protocolo se acostumbren a sus requisitos. Resuma las acciones que deben realizarse y proporcione a las partes relevantes un resumen de estas para que puedan llevar a cabo los procesos de la manera más eficiente posible.

Por lo tanto, es bastante obvio que el objetivo de esta etapa era comunicar la filosofía, la metodología y las peculiaridades de las 5'S a los empleados para que pusieran en práctica la información recibida de forma habitual y rutinaria. Para ello se diseñó esta etapa. Como consecuencia de ello, era vital consolidar estos conocimientos recién obtenidos haciendo hincapié en la conformidad inequívoca con las condiciones

especificadas en las "S" anteriores. Para lograr este objetivo, se elaboraron e impartieron las correspondientes actividades de iniciación y formación antes del despliegue de las 5'S. Estas actividades fueron necesarias para difundir la información previa que era vital. Esto se llevó a cabo antes de la implantación de las 5'S. Para lograr este objetivo, se utilizaron ayudas visuales o identificadores ópticos como carteles, folletos y anuncios de las operaciones que debían llevarse a cabo. Entre ellos: Es evidente que la finalidad de estas acciones es disminuir la posibilidad de encontrarse con un obstáculo en el camino hacia la consecución de los resultados esperados, y la junta directiva es consciente de ello como muestra de su comprensión de la importancia de la metodología de la asignatura y de su aplicación continua, lo que finalmente se traduce en un seguimiento. El consejo de administración es consciente de ello como señal de que comprende la importancia de la metodología del tema y su aplicación continua, lo que en última instancia se traduce en un seguimiento.

Figura 19

Poster 5'S para divulgación de la metodología



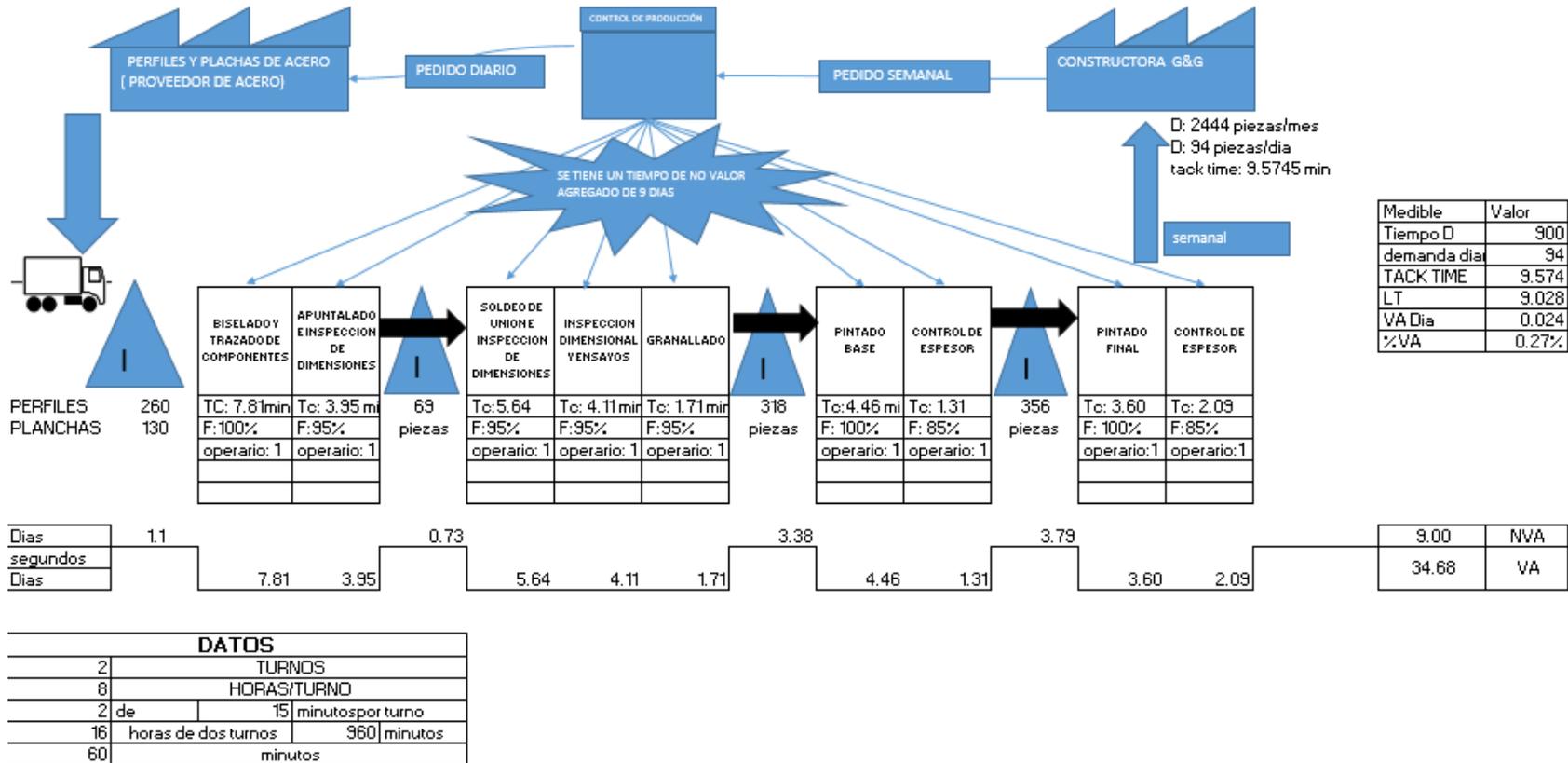
La segunda etapa, que consistía en motivar a los participantes, se llevó a cabo una vez difundida la información pertinente para sensibilizar a los participantes sobre el enfoque. Para ello, se entregaron a los empleados tareas que cumplieran objetivamente con los procesos establecidos por la metodología, y se realizó un seguimiento al final de cada mes con un incentivo de una suma importante que determinó el consejo de administración. Para fomentar la confianza y la colaboración entre los trabajadores, los equipos de trabajo también se segmentaron por áreas. Gracias a ello, se pudo crear una mayor interacción entre las áreas, lo que sirvió para lograr el interés de toda la organización. La principal responsabilidad de estos grupos de trabajo es revisar sistemáticamente los procedimientos que se llevan a cabo durante la aplicación de las 5'S y verificar que se ajustan a las directrices.

Cuando hayamos terminado la segunda parte del procedimiento Shitsuke, pasaremos al tercer y último componente del proceso. El cultivo del compromiso está en el centro de este, y esto puede lograrse a través del aumento del conocimiento. En otras palabras, se trata de capacitar al trabajador para que tome decisiones, proporcionándole todos los recursos e información clave necesarios para el uso del enfoque 5'S. En consecuencia, se decidió celebrar una reunión mensual que se centraría en los cuatro temas siguientes: Revisión del enfoque 5'S; presentación por parte de los distintos grupos de trabajo de sus propuestas de mejora de los procesos; concesión de recompensas y reconocimientos por parte del consejo de administración; creación y el mantenimiento de líneas de comunicación abiertas entre cada uno de los grupos especificados.

Una vez fijadas las reuniones mensuales para tratar los temas y asuntos principales acordados, es fundamental no dejar de lado la exigencia de seguimiento o control del proyecto para que no sea una actividad transitoria, sino que pueda implementarse de forma inequívoca durante un tiempo indefinido. Para alcanzar los objetivos propuestos, resultaba crucial incluir al consejo de administración, ya que son ellos quienes realizarían controles mensuales, semanales y diarios de los procesos para determinar si se están aplicando correctamente o, en caso contrario, para tomar medidas correctivas. Por lo tanto, se hizo imprescindible comprender las técnicas y herramientas utilizadas en la última "S", donde se promovió el conocimiento de la metodología de las 5'S, se promovió la repetitividad de los procedimientos motivando a los trabajadores a realizar e incorporar la actividad en su trabajo diario, y se fomenta el compromiso empoderando a los trabajadores e involucrándolos en el proceso de implementación de la metodología de las 5'S para que puedan hacer observaciones al proceso en curso.

Figura 20

Mapa del flujo de valor actual (VSM)



Para poder reducir el LEAD TIME, es necesario:

- Reducir el Tiempo de Valor Agregado – con la Herramienta SMED
- Mejorar los UPTIME de las máquinas y herramientas al 100% (encargada el área de mantenimiento)

IMPLEMENTACIÓN DEL SMED

Lo primero que hay que hacer es conformar el grupo de personas que se encargarán de poner en marcha el SMED, teniendo en cuenta que este paso es un punto fundamental en la implementación. Esto se reflejará después de que el equipo haya absorbido la información que ha obtenido sobre los beneficios de esta tecnología, cómo puede aplicarse para mejorar la productividad de la organización. Al estar ya familiarizados con el proceso y al poder actuar también como formadores complementarios, son los propios trabajadores de la empresa los que se encargarán de poner en marcha la herramienta. Esto supone un ahorro de costes y tiempo para la empresa. El cuadro se ofrece una descripción del equipo recién formado, así como las responsabilidades y capacidades que se esperan de cada persona que se encargará de todo. Es vital hacer esto para garantizar que la herramienta SMED se aplique con éxito.

Figura 21

Equipo formado para la implantación de Herramienta SMED

Encargado	Responsabilidades	Competencias
Gerente de Producción	- Máximo responsable de la implementación del SMED en la planta de producción.	Encargado de la Planificación, Organización, Dirección, Control y Mejora continua del proceso de producción.
	- Encargado de garantizar el adecuado funcionamiento del SMED en la línea de producción.	- Actúa de enlace entre los Directivos y Jefe de Producción.
	Planificador de todos los recursos utilizados en la implementación del SMED y el uso de los tiempos de los operarios y sus habilidades.	- Aptitud para tomar decisiones. - Aptitud para delegar.
Jefe de Producción	- Encargado de la cantidad necesaria del personal para la implementación del SMED.	- Capacidad para priorizar tareas.
	- Responsable del cumplimiento de los pasos para la implementación del SMED.	- Capacidad de organización.
	- Encargado en la asignación de las tareas asignadas para la implementación del SMED.	- Capacidad de liderazgo.
	- Experto en la línea de producción.	
Supervisor de Producción	- Encargado de la supervisión durante la implementación del SMED.	- Experto en temas de producción.
	- Verificar que los materiales sean los correctos en la implementación.	- Capacidad de analizar.
	- Supervisar funciones de los operarios.	- Motiva y dirige al personal.
	- Reportes de producción a Jefatura.	- Habilidades comunicativas.
Operarios de Producción	- Encargados del desarrollo de la implementación del SMED.	- Experiencia en temas de producción.
		- Conocimientos en cambio de formato de producción.

Hemos recopilado el material correspondiente a la situación actual de la operación. Lo que ha dado lugar a que se desarrolle lo siguiente: A lo largo de todo el proceso de cambio de formato, se llevará a cabo una filmación. Se utilizará un cronómetro digital para controlar el tiempo. A lo largo de este procedimiento, se medirá la distancia que ha recorrido el operario. Una vez recopilada toda la información relativa a las actividades necesarias para el cambio de configuración, podemos empezar a identificar las actividades que necesitan que la línea esté parada o cuando la línea está en funcionamiento; se trata de los tiempos internos (máquina parada) y externos, respectivamente (máquina en funcionamiento). Al principio, se agrupan todas las actividades que se realizan y se desarrollan como si tuvieran lugar internamente. Por ello, es fundamental identificar y separar los periodos que se desarrollan de forma interna y externa. En el primer caso, se trata de aquellas tareas que se deben realizar en cualquier momento mientras la máquina está parada. En el segundo caso, se trata de las múltiples

tareas que pueden realizarse cuando el equipo está operativo. La filmación puede ser una herramienta muy útil para identificar y distinguir estas tareas, así como para observar el tiempo real de cambio.

Tabla 24

Tiempo del proceso de elaboración de Vigas- columnas-diagonales

Nº	ACTIVIDAD	T. INICIO	T. FINAL	DURACIÓN	PROCESO	TRANSPORTE	ESPERA	INSPECCIÓN	TIEMPO INTERNO	TIEMPO EXTERNO
1	Biselado y trazado de componentes	00:00:00	00:07:48	00:07:48	X				X	
	Se toma los perfiles de acero	00:00:00	00:02:43	00:02:43						
	Se ingresa a la máquina de biselado	00:02:43	00:03:48	00:01:05						
	Se realiza el biselado	00:03:48	00:05:48	00:02:00						
	Se realiza el trazado	00:05:48	00:07:48	00:02:00						
2	Apuntalado e Inspección de dimensiones	00:07:48	00:11:45	00:03:57	X			X	X	
	Se coloca los soportes para la división	00:00:00	00:01:00	00:01:00						
	Se visualiza si las dimensiones son correctas	00:01:00	00:02:14	00:01:14						
	Se realiza la corrección	00:02:14	00:03:57	00:01:43						
3	Soldeo de uniones e inspección de dimensiones	00:11:45	00:17:23	00:05:38	X			X	X	
	Se trae la soldadura	00:00:00	00:01:38	00:01:38						
	Se realiza el soldeo	00:01:38	00:03:38	00:02:00						
	Se visualiza si las dimensiones son correctas y se realiza correcciones	00:03:38	00:05:38	00:02:00						
4	Inspección dimensional y ensayos	00:17:23	00:21:29	00:04:06				X	X	
	Inspección de dimensiones	00:00:00	00:01:06	00:01:06						
	Ensayos	00:01:06	00:04:06	00:03:00						
5	Granallado	00:21:29	00:23:11	00:01:42	X				X	
6	Pintado Base	00:23:11	00:27:38	00:04:27	X				X	
	Tomar la pintura	00:00:00	00:02:00	00:02:00						
	Realizar el pintado	00:02:00	00:04:27	00:02:27						
7	Control de Espesor	00:27:38	00:28:56	00:01:18				X	X	

8	Pintado Final	00:28:56	00:32:32	00:03:36	X				X	
	Tomar la pintura	00:00:00	00:01:16	00:01:16						
	Realizar el pintado	00:01:16	00:03:36	00:02:20						
9	Control de Espesor	00:32:32	00:34:37	00:02:05			X	X		
	TIEMPO			00:34:37	00:27:08	0	0	00:07:29	00:34:37	00:00:00
	PORCENTAJE			100%	78%	0%	0%	22%	100%	0%

El tercer paso es la conversión de los tiempos utilizados internamente en tiempos utilizados externamente. La limpieza, el traslado y la espera de las herramientas, la puesta a punto de la máquina y la inspección de la calidad son ejemplos de actividades de tiempo interno que se convertirán en actividades de tiempo externo como parte del proceso para introducir mejoras. Tras la elaboración de un inventario cronológico exhaustivo de todas las acciones realizadas durante el tiempo de inactividad de la máquina, se lleva a cabo un análisis de las operaciones que pueden mejorarse.

Dado que pueden llevarse a cabo incluso cuando la máquina está en funcionamiento, las actividades que representan el transporte se transformarán en tiempos que se miden en el contexto externo y constituyen uno de los aspectos más importantes de la transición de las operaciones internas a las externas. Estas tareas incluyen buscar guantes, ir a la caja de herramientas, buscar una herramienta para arreglar un desajuste y buscar un elemento para limpiar. En esta fase de la implantación de la herramienta SMED, es necesario desarrollarla mediante una identificación precisa de los tiempos internos para conseguir la conversión pertinente y obtener así más tiempo productivo. Esto significa que hay que hacer todo lo necesario para preparar las herramientas, como la limpieza.

Tabla 25

Conversión de tiempos internos a tiempos externos

N°	ACTIVIDAD	T. INICIO	T. FINAL	DURACIÓN	TIEMPO INTERNO	TIEMPO EXTERNO	OBSERVACIONES
1	Biselado y trazado de componentes	00:00:00	00:07:48	00:07:48	X		
	Se toma los perfiles de acero	00:00:00	00:02:43	00:02:43		X	Traer los perfiles antes de iniciar el proceso
	Se ingresa a la máquina de biselado	00:02:43	00:03:48	00:01:05	X		Mejorar la técnica para la colocación de los perfiles
	Se realiza el biselado	00:03:48	00:05:48	00:02:00	X		
	Se realiza el trazado	00:05:48	00:07:48	00:02:00	X		Verificar bien el trazado
2	Apuntalado e Inspección de dimensiones	00:07:48	00:11:45	00:03:57	X		
	Se coloca los soportes para la división	00:00:00	00:01:00	00:01:00	X		
	Se visualiza si las dimensiones son correctas	00:01:00	00:02:14	00:01:14	X		Este tiempo se puede eliminar si el trazado se realiza bien
	Se realiza la corrección	00:02:14	00:03:57	00:01:43	X		Este tiempo se puede eliminar si el trazado se realiza bien
3	Soldeo de uniones e inspección de dimensiones	00:11:45	00:17:23	00:05:38	X		
	Se trae la soldadura	00:00:00	00:01:38	00:01:38		X	Traer la soldadura antes de iniciar el proceso
	Se realiza el soldeo	00:01:38	00:03:38	00:02:00	X		
	Se visualiza si las dimensiones son correctas y se realiza correcciones	00:03:38	00:05:38	00:02:00	X		Este tiempo se puede eliminar si el trazado se realiza bien
4	Inspección dimensional y ensayos	00:17:23	00:21:29	00:04:06	X		
	Inspección de dimensiones	00:00:00	00:01:06	00:01:06	X		Este tiempo se puede eliminar si el trazado se realiza bien
	Ensayos	00:01:06	00:04:06	00:03:00	X		
5	Granallado	00:21:29	00:23:11	00:01:42	X		
6	Pintado Base	00:23:11	00:27:38	00:04:27	X		
	Tomar la pintura	00:00:00	00:02:00	00:02:00		X	Traer la pintura antes de iniciar el proceso
	Realizar el pintado	00:02:00	00:04:27	00:02:27	X		Mejorar la técnica
7	Control de Espesor	00:27:38	00:28:56	00:01:18	X		
8	Pintado Final	00:28:56	00:32:32	00:03:36	X		

	Tomar la pintura	00:00:00	00:01:16	00:01:16		X	Traer la pintura antes de iniciar el proceso
	Realizar el pintado	00:01:16	00:03:36	00:02:20	X		Mejorar la técnica
9	Control de Espesor	00:32:32	00:34:37	00:02:05	X		
	TIEMPO			00:34:37	00:27:00	00:07:37	
	PORCENTAJE			100%	78%	22%	

La planificación del tiempo que se pasa en el exterior es la cuarta fase del proceso depende en un sentido estrictamente técnico, de la disposición de todos los equipos y materiales que componen las operaciones que se realizan en el exterior. Cuando la máquina está en funcionamiento, el tiempo dedicado a actividades como el traslado de materiales, la búsqueda de herramientas y otras tareas similares puede reducirse situando estos componentes lo más cerca posible de la máquina. Por ejemplo, una de las tareas más importantes es garantizar que se transporten de forma segura. Para ello, se montará un estante en el que se colocarán todas las herramientas y, a continuación, el propio estante se situará en el lugar adecuado junto a la máquina. Esto permitirá organizar las herramientas que se necesitarán para modificar los ajustes en la proximidad. El quinto y último paso consiste en reducir, en la medida de lo posible, el tiempo dedicado a las tareas internas. Una de las estrategias más eficaces para reducir el tiempo dedicado a los procesos internos es aumentar la disponibilidad de las mejoras técnicas y trabajar para estandarizarlas.

Se evaluó la cantidad de tiempo que se ahorra durante las transiciones de preparación en el proceso de fabricación para poder calcular los resultados que se podían prever después de utilizar el SMED. Se redujo el tiempo de espera, considerado improductivo, hasta eliminarlo por completo. El diagrama de actividades de preparación revela que hubo un total de 7 minutos y 37 segundos de tiempo perdido. Estos minutos se

debían en su mayoría a cosas como la búsqueda de equipos, los desplazamientos a diferentes lugares, etc. Estos periodos se han desplazado a tiempos externos, ya que estas acciones se van a realizar cuando la máquina está en funcionamiento. Esto se debió a que los tiempos internos antes de la implementación del SMED eran de 27 minutos y 00 segundos; sin embargo, con la implementación del SMED, los tiempos internos se redujeron a 20 minutos y 50 segundos. En el mismo sentido, a efectos de la medición, se producen indicadores para la futura toma de decisiones con el fin de evaluar si esta implementación se está llevando a cabo de manera óptima o si se están alcanzando los objetivos de la empresa. El proceso se estandariza mediante una hoja de procedimiento, que se desarrolla para contener los pasos para la ejecución más efectiva del proceso de elaboración. Esto se hace para garantizar que la implantación seguirá funcionando correctamente en el futuro y que podrá mantener su sostenibilidad.

Tabla 26

Mejora de tiempos con la propuesta.

N°	ACTIVIDAD	SIN LA PROPUESTA DE MEJORA					CON LA PROPUESTA DE MEJORA		
		T. INICIO	T. FINAL	DURACIÓN	TIEMPO INTERNO	TIEMPO EXTERNO	DURACIÓN	TIEMPO INTERNO	TIEMPO EXTERNO
1	Biselado y trazado de componentes	00:00:00	00:07:48	00:07:48	X		00:05:15	X	
	Se toma los perfiles de acero	00:00:00	00:02:43	00:02:43	X		00:00:30		X
	Se ingresa a la máquina de biselado	00:02:43	00:03:48	00:01:05	X		00:00:45	X	
	Se realiza el biselado	00:03:48	00:05:48	00:02:00	X		00:02:00	X	
	Se realiza el trazado	00:05:48	00:07:48	00:02:00	X		00:02:00	X	
2	Apuntalado e Inspección de dimensiones	00:07:48	00:11:45	00:03:57	X		00:01:00	X	
	Se coloca los soportes para la división	00:00:00	00:01:00	00:01:00	X		00:01:00	X	

	Se visualiza si las dimensiones son correctas	00:01:00	00:02:14	00:01:14	X		00:00:00	X	
	Se realiza la corrección	00:02:14	00:03:57	00:01:43	X		00:00:00	X	
3	Soldeo de uniones e inspección de dimensiones	00:11:45	00:17:23	00:05:38	X		00:02:30	X	
	Se trae la soldadura	00:00:00	00:01:38	00:01:38		X	00:00:30		X
	Se realiza el soldeo	00:01:38	00:03:38	00:02:00	X		00:02:00	X	
	Se visualiza si las dimensiones son correctas y se realiza correcciones	00:03:38	00:05:38	00:02:00	X		00:00:00	X	
4	Inspección dimensional y ensayos	00:17:23	00:21:29	00:04:06	X		00:04:00	X	
	Inspección de dimensiones	00:00:00	00:01:06	00:01:06	X		00:01:00	X	
	Ensayos	00:01:06	00:04:06	00:03:00	X		00:03:00	X	
5	Granallado	00:21:29	00:23:11	00:01:42	X		00:01:42	X	
6	Pintado Base	00:23:11	00:27:38	00:04:27	X		00:02:30	X	
	Tomar la pintura	00:00:00	00:02:00	00:02:00	X		00:00:30		X
	Realizar el pintado	00:02:00	00:04:27	00:02:27	X		00:02:00	X	
7	Control de Espesor	00:27:38	00:28:56	00:01:18	X		00:01:18	X	
8	Pintado Final	00:28:56	00:32:32	00:03:36	X		00:02:30	X	
	Tomar la pintura	00:00:00	00:01:16	00:01:16	X		00:00:30		X
	Realizar el pintado	00:01:16	00:03:36	00:02:20	X		00:02:00	X	
9	Control de Espesor	00:32:32	00:34:37	00:02:05	X		00:02:05	X	
	TIEMPO			00:34:37	00:28:38	00:05:59	00:22:50	00:20:50	00:02:00
	PORCENTAJE			100%	83%	17%	100%	91%	9%

Mejora del VSM:

Ya realizada la reducción de tiempo del proceso de elaboración de vigas-columnas-diagonales y la mejora de las máquinas y herramientas que se utilizan, se ha obtenido:

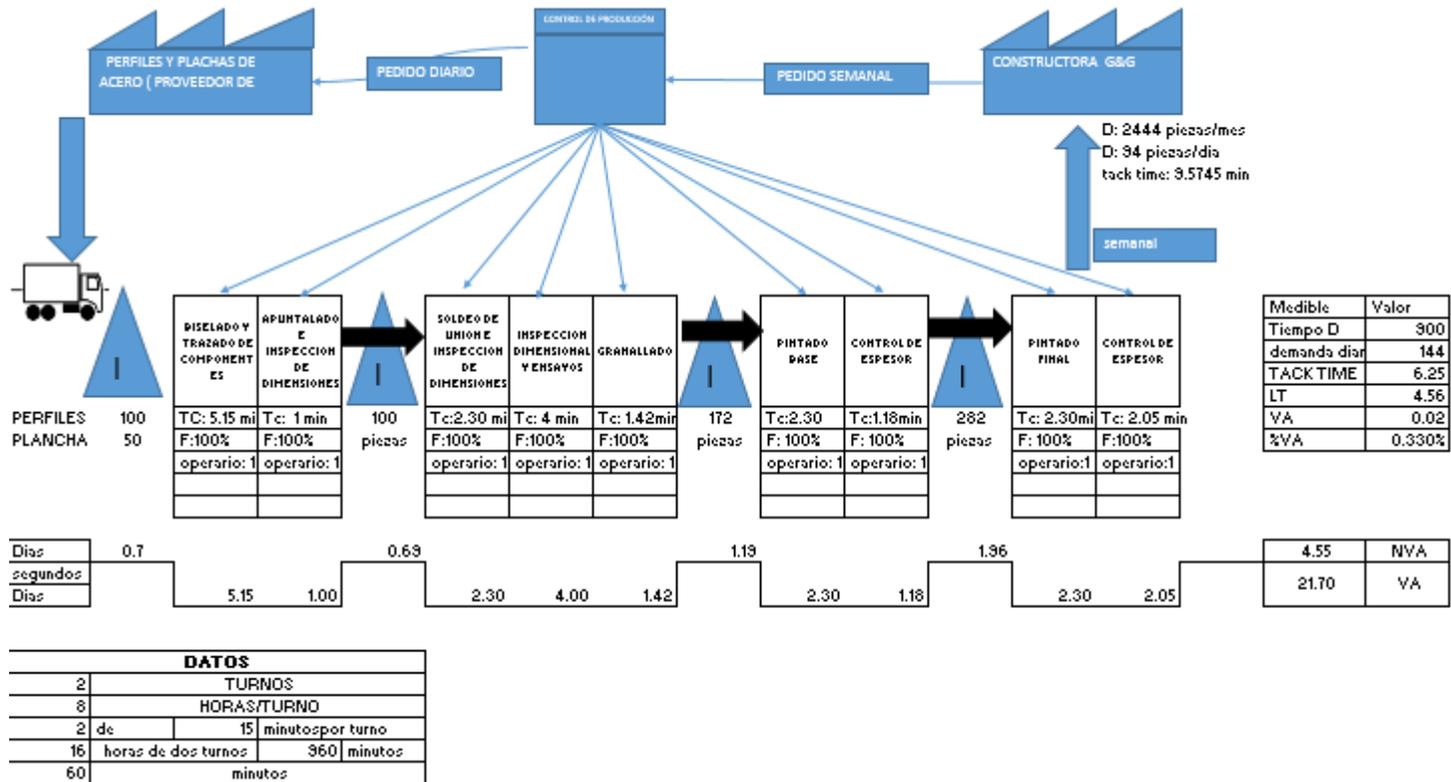
1. Menor Lead Time de 9.028 días a 4.56 días.
2. El tiempo del Proceso paso de 34.68 min a 21.70 min.

Tabla 27 Mejora del Lead Time.

	Biselado y trazado de componentes	Soldeo de uniones e inspección de dimensiones	Pintado Base	Pintado Final	LEAD TIME TOTAL	
ANTES	1.1	0.73	3.38	3.79	9.028	días
DESPUES	0.7	0.69	1.19	1.36	4.56	días

Figura 22

VBM después del SMED



Análisis después de la Implementación

Mejora De La Productividad:

La segunda toma de tiempos se realizó en el mes de noviembre del 2021, se tomaron en cuenta 26 días laborales, luego de ello se determinó la cantidad de muestras necesarias para calcular el tiempo estándar en el proceso de elaboración de vigas-columnas-diagonales.

Tabla 28

Tiempo Post-Test

TOMA DE TIEMPOS																													
ORGANIZACIÓN		TALLER VIGAS Y CABLES										ÁREA								ELABORACIÓN DE VIGAS-COLUMNAS-DIAGONALES									
MÉTODO		POST - TEST										PROCESO								HORARIO									
ELABORADO																													
N°	ACTIVIDAD	TIEMPOS MUESTREADOS (MIN)																										PROMEDIO	TOTAL
		DÍA																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
1	Biselado y trazado de componentes	5.41	5.24	5.26	5.45	5.43	5.16	5.04	5.42	5.18	5.22	5.47	5.13	5.26	5.05	5.05	5.23	5.08	5.30	5.43	5.24	5.28	5.26	5.36	5.18	5.08	5.27	5.25	136.50
2	Apuntalado e Inspección de dimensiones	0.99	0.97	1.03	1.00	1.00	1.02	0.98	1.01	1.00	1.03	0.97	0.97	1.01	1.02	0.98	0.99	1.03	0.98	1.00	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	0.99	0.97	1.00	26.00
3	Soldeo de uniones e inspección de dimensiones	2.41	2.44	2.55	2.54	2.41	2.58	2.46	2.61	2.45	2.45	2.45	2.58	2.43	2.42	2.47	2.59	2.58	2.42	2.51	2.59	2.44	2.61	2.54	2.58	2.46	2.42	2.50	65.00
4	Inspección dimensional y ensayos	3.88	3.99	4.05	3.92	4.10	4.12	3.99	4.03	3.92	4.05	3.94	3.88	4.07	4.11	4.11	3.97	3.96	3.95	3.91	3.93	4.12	3.99	4.00	3.91	4.08	4.00	4.00	104.00
5	Granallado	1.74	1.65	1.72	1.71	1.72	1.64	1.66	1.67	1.73	1.76	1.66	1.72	1.66	1.72	1.77	1.70	1.65	1.78	1.77	1.67	1.67	1.70	1.72	1.76	1.67	1.68	1.70	44.20
6	Pintado Base	2.53	2.47	2.56	2.50	2.45	2.54	2.58	2.53	2.51	2.46	2.54	2.52	2.49	2.41	2.55	2.44	2.55	2.47	2.45	2.49	2.51	2.46	2.55	2.42	2.51	2.54	2.50	65.00
7	Control de Espesor	1.35	1.30	1.29	1.31	1.25	1.34	1.29	1.27	1.27	1.33	1.25	1.34	1.27	1.28	1.35	1.25	1.30	1.27	1.33	1.29	1.33	1.27	1.25	1.35	1.34	1.26	1.30	33.80
8	Pintado Final	2.57	2.33	2.34	2.67	2.53	2.40	2.56	2.67	2.49	2.40	2.55	2.49	2.58	2.56	2.27	2.53	2.52	2.42	2.63	2.60	2.54	2.34	2.40	2.57	2.61	2.43	2.50	65.00
9	Control de Espesor	2.03	2.25	2.30	2.30	2.09	2.10	1.80	2.18	2.39	1.99	1.91	2.19	1.62	1.93	1.59	2.21	2.02	2.06	1.62	2.40	1.90	2.41	2.08	2.28	2.40	2.01	2.08	54.08
TOTAL DE MUESTRAS OBSERVADAS		22.91	22.63	23.10	23.39	22.97	22.89	22.35	23.39	22.93	22.70	22.73	22.83	22.40	22.51	22.16	22.90	22.69	22.66	22.65	23.24	22.79	23.05	22.91	23.06	23.14	22.57	22.83	593.58

En la figura anterior se puede apreciar que se obtuvieron diferentes tiempos, teniendo como tiempo menor 22.16 y máximo de 23.39.

Tabla 29

Tamaño de la muestra

TAMAÑO DE MUESTRA - MÉTODO DE KANAWATY					
PROCESO:	ELABORACIÓN DE VIGAS-COLUMNAS-DIAGONALES		MÉTODO	POST - TEST	
ÁREA:	OPERACIONES		ELABORADO:		
Nº	ACTIVIDAD	$\sum x$	$\sum x^2$	$\left(\frac{40\sqrt{(26(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2)}{n})^2}}{\sum x}\right)^2$	n
1	Biselado y trazado de componentes	136.50	717.06	0.98	1.00
2	Apuntalado e Inspección de dimensiones	26.00	26.01	0.62	1.00
3	Soldeo de uniones e inspección de dimensiones	65.00	162.63	1.32	1.00
4	Inspección dimensional y ensayos	104.00	416.15	0.58	1.00
5	Granallado	44.20	75.19	0.99	1.00
6	Pintado Base	65.00	162.55	0.51	1.00
7	Control de Espesor	33.80	43.97	1.23	1.00
8	Pintado Final	65.00	162.80	2.91	3.00
9	Control de Espesor	54.08	113.94	20.75	21.00

En la tabla anterior se puede apreciar el tiempo promedio total de todas las actividades de la elaboración de Vigas-columnas-diagonales, mediante la fórmula de Kanawaty se calculó el número de muestras necesarias, siendo estas un máximo de 21 a considerarse

Tabla 30

Tiempo Promedio del Post-Test

TOMA DE TIEMPOS																											
ORGANIZACIÓN		TALLER VIGAS Y CABLES										ÁREA						OPERACIONES									
MÉTODO		POST - TEST										PROCESO						ELABORACIÓN DE VIGAS-COLUMNAS-DIAGONALES									
ELABORADO												HORARIO															
N°	ACTIVIDAD	TIEMPOS MUESTREADOS (MIN)																					PROMEDIO	TOTAL			
		DÍA																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21					
1	Biselado y trazado de componentes	5.41																						5.41	5.41		
2	Apuntalado e Inspección de dimensiones	0.99																						0.99	0.99		
3	Soldeo de uniones e inspección de dimensiones	2.41																						2.41	2.41		
4	Inspección dimensional y ensayos	3.88																						3.88	3.88		
5	Granallado	1.74																						1.74	1.74		
6	Pintado Base	2.53																						2.53	2.53		
7	Control de Espesor	1.35																						1.35	1.35		
8	Pintado Final	2.03	2.33	2.34																						2.24	6.71
9	Control de Espesor	2.03	2.25	2.30																						2.30	2.09
TOTAL, DE MUESTRAS OBSERVADAS		24.30	2.25	2.30	2.30	2.09	2.10	1.80	2.18	2.39	1.99	1.91	2.19	1.62	1.93	1.59	2.21	2.02	2.06	1.62	2.40	1.90	4.91	65.16			

A continuación, se presenta el cálculo del tiempo estándar para el proceso de elaboración de vigas-columnas-diagonales (post – test)

Tras el cálculo del tiempo promedio de observación post – test se procede a calcular el tiempo estándar, para ello se utiliza la tabla de Westinghouse y se consideran los tiempos de suplemento, como lo son las necesidades básicas humanas y la fatiga por el trabajo.

Tabla 31

Cálculo de tiempo estándar post – test

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR												
PROCESO:	ELABORACIÓN DE VIGAS-COLUMNAS-DIAGONALES		MÉTODO						POST - TEST			
ÁREA:	OPERACIONES		ELABORADO:									
Nº	ACTIVIDAD	PROMEDIO DEL TIEMPO OBSERVADO	H	E	CD	CS	FACTOR DE VALORACIÓN	TIEMPO NORMAL	SUPLEMENTARIO		TOTAL, DE SUPLEMENTARIO	TIEMPO ESTÁNDAR
									NP	F		
1	Biselado y trazado de componentes	5.41	0.03	0.00	0.02	0.01	0.94	5.08	0.05	0.06	0.11	5.64
2	Apuntalado e Inspección de dimensiones	0.99	0.03	0.02	0.02	0.01	0.92	0.91	0.05	0.06	0.11	1.01
3	Soldeo de uniones e inspección de dimensiones	2.41	0.03	0.00	0.00	0.01	0.96	2.31	0.05	0.06	0.11	2.57
4	Inspección dimensional y ensayos	3.88	0.03	0.02	0.02	0.01	0.92	3.57	0.05	0.06	0.11	3.97
5	Granallado	1.74	0.03	0.02	0.02	0.01	0.92	1.60	0.05	0.06	0.11	1.77
6	Pintado Base	2.53	0.03	0.02	0.02	-0.02	0.95	2.40	0.05	0.06	0.11	2.67
7	Control de Espesor	1.35	0.03	0.02	0.02	-0.02	0.95	1.29	0.05	0.06	0.11	1.43
8	Pintado Final	2.24	0.03	0.02	0.02	0.01	0.92	2.06	0.05	0.06	0.11	2.28
9	Control de Espesor	2.04	0.00	0.02	0.02	0.01	0.95	1.94	0.05	0.06	0.11	2.15
		22.59						21.16				23.49

En la tabla anterior se calcula el tiempo estándar del proceso de facturación en la empresa es de 23.49

En la siguiente tabla se realizará una comparación entre el tiempo estándar pre – test y el tiempo estándar post – test, visualizándose una disminución tras la aplicación de la metodología 5S, VSM (SMED).

Tabla 32

comparación tiempo estándar pre – test vs post – test.

TIEMPO ESTÁNDAR	PRE - TEST	POST – TEST
	36.10	23.49

Estimación de variables post – test.

Luego del cálculo del tiempo estándar, se sigue con el cálculo de la capacidad instalada del proceso de Elaboración de Vigas-Columnas-Diagonales.

Tabla 33

Cálculo de la capacidad instalada post - test

CÁLCULO DE CAPACIDAD INSTALADA POST - TEST			
N° de trabajadores	Tiempo de trabajo	Tiempo estándar	Capacidad instalada
9	480min	23.49	184

Con el cálculo de la capacidad instalada, podemos calcular el número de productos que se pueden realizar.

Tabla 34

Servicios planificados post – test

SERVICIOS FACTURADOS PROGRAMADOS		
Capacidad instalada	Factor de valoración	Servicios planificados
184	78%	144

Tabla 35

Productividad Post-Test

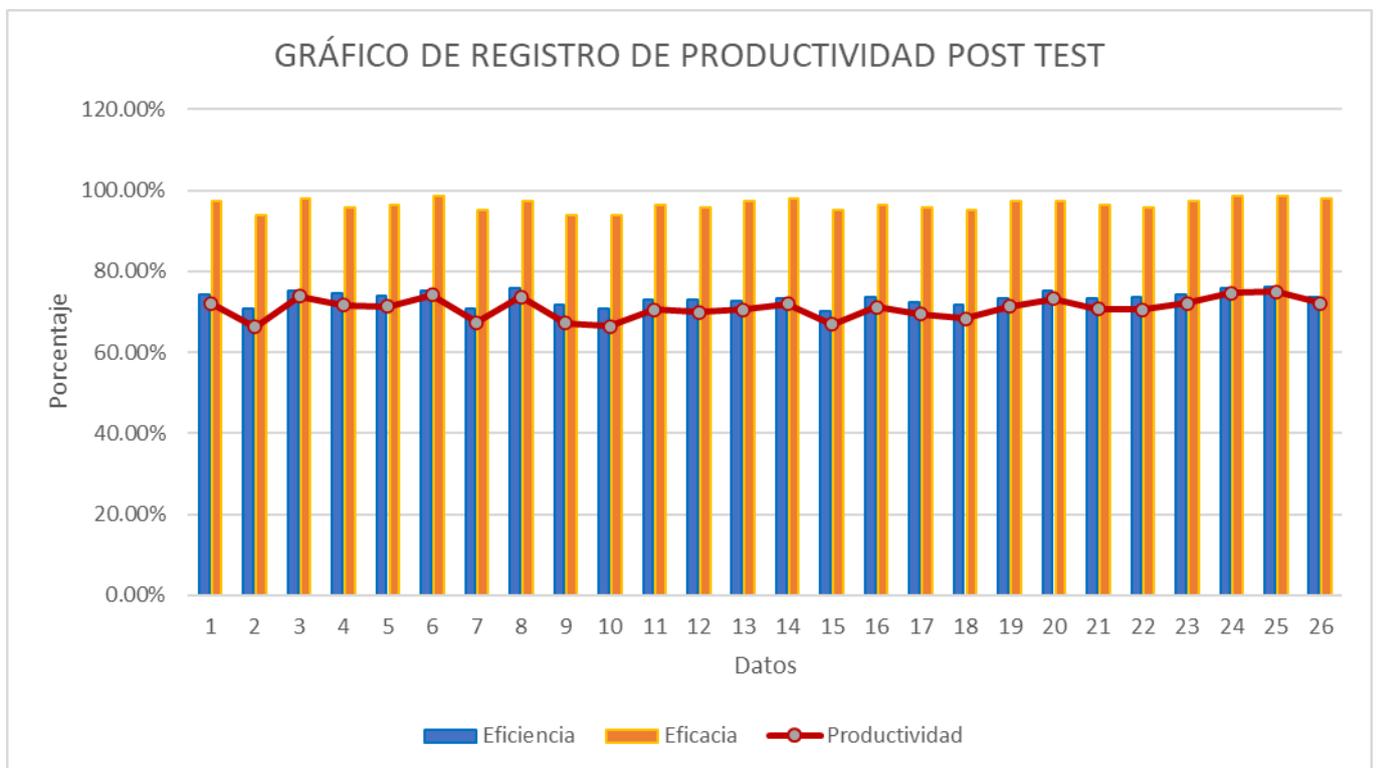
FICHA DE REGISTRO DE PRODUCTIVIDAD							
MÉTODO	POST - TEST			PROCESO		VIGAS-COLUMNAS-DIAGONALES	
Día	EFICIENCIA			EFICACIA			PRODUCTIVIDAD
	Tiempo programado	Tiempo real	Eficiencia	Servicios programados	Servicios realizados	Eficacia	Productividad
1	960.00	712.89	74.26%	144.00	140.00	97.22%	72.20%
2	960.00	678.89	70.72%	144.00	135.00	93.75%	66.30%
3	960.00	723.56	75.37%	144.00	141.00	97.92%	73.80%
4	960.00	717.33	74.72%	144.00	138.00	95.83%	71.61%
5	960.00	709.56	73.91%	144.00	139.00	96.53%	71.35%
6	960.00	722.44	75.25%	144.00	142.00	98.61%	74.21%
7	960.00	680.44	70.88%	144.00	137.00	95.14%	67.43%
8	960.00	727.78	75.81%	144.00	140.00	97.22%	73.70%
9	960.00	688.00	71.67%	144.00	135.00	93.75%	67.19%
10	960.00	680.89	70.93%	144.00	135.00	93.75%	66.49%
11	960.00	702.00	73.13%	144.00	139.00	96.53%	70.59%
12	960.00	700.00	72.92%	144.00	138.00	95.83%	69.88%
13	960.00	696.89	72.59%	144.00	140.00	97.22%	70.58%
14	960.00	705.33	73.47%	144.00	141.00	97.92%	71.94%
15	960.00	674.67	70.28%	144.00	137.00	95.14%	66.86%
16	960.00	707.33	73.68%	144.00	139.00	96.53%	71.12%
17	960.00	695.78	72.48%	144.00	138.00	95.83%	69.46%
18	960.00	689.78	71.85%	144.00	137.00	95.14%	68.36%
19	960.00	704.44	73.38%	144.00	140.00	97.22%	71.34%
20	960.00	722.89	75.30%	144.00	140.00	97.22%	73.21%
21	960.00	703.78	73.31%	144.00	139.00	96.53%	70.76%
22	960.00	706.67	73.61%	144.00	138.00	95.83%	70.54%
23	960.00	712.67	74.24%	144.00	140.00	97.22%	72.17%
24	960.00	727.56	75.79%	144.00	142.00	98.61%	74.73%
25	960.00	730.00	76.04%	144.00	142.00	98.61%	74.99%
26	960.00	707.11	73.66%	144.00	141.00	97.92%	72.12%
TOTAL	24960.00	18328.67	73.43%	3744.00	3613.00	96.50%	70.88%

En la tabla anterior se visualiza que el total de servicios planificados es de 23.

Finalmente, con los datos recopilados, procedemos a realizar el cálculo de la productividad del mes de noviembre del 2021.

Figura 23

Gráfico de Productividad Post-Test



Luego del cálculo de la nueva productividad, se procede a compararla con los resultados anteriores en el pre – test, en cuanto a eficiencia, eficacia y productividad se refiere:

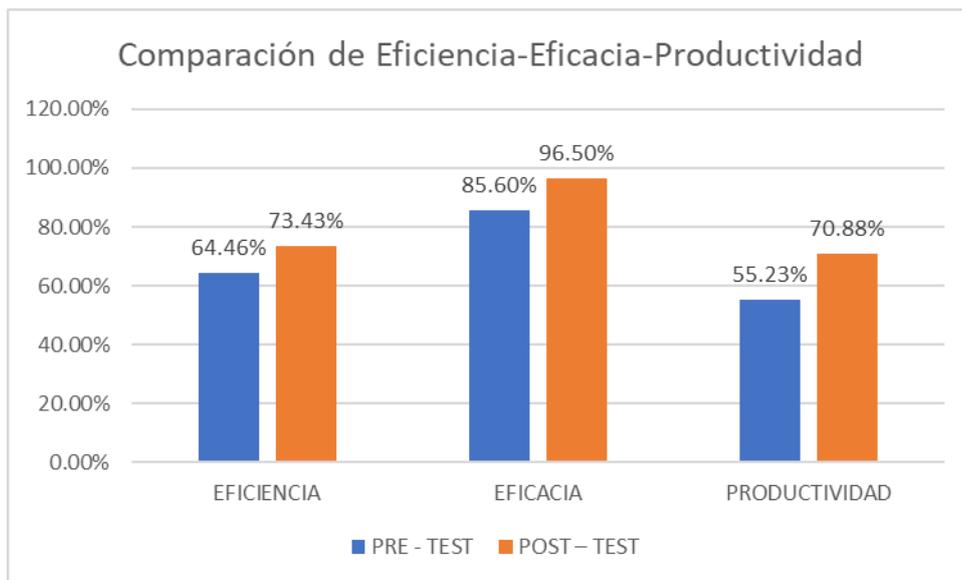
Tabla 36

Cuadro comparativo productividad, eficiencia y eficacia pre – test vs post - test

	CUADRO COMPARATIVO	
	PRE - TEST	POST – TEST
EFICIENCIA	64.46%	73.43%
EFICACIA	85.60%	96.50%
PRODUCTIVIDAD	55.23%	70.88%

Figura 24

Comparación de Eficiencia-Eficacia-Productividad



En la imagen anterior se presencia el cambio presentado gracias a la implementación de las 5S, VSM (SMED) es una diferencia relevante entre el pre – test y el post – test respecto a eficiencia, eficacia y productividad.

Análisis de las Causas Raíces:

Causa 1: Mala Gestión de órdenes de trabajo

Después de desarrollar las herramientas se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 37

Causa 1: Mala Gestión de órdenes de Trabajo

TALLER DE VIGAS Y CABLES

Área		Operaciones			
Proceso		Elaboración de vigas-columnas-diagonales.			
1	Ítem	Criterio a evaluar	0	1.5	3
Mala Gestión de órdenes de trabajo	1	Puestos designados			X
	2	Funciones según puesto			X
	3	Ubicación en planta del Puesto			X

Tabla 38

Puntaje obtenido de la Causa 1

N°	Puntaje	%
1	3	33.33%
2	3	33.33%
3	3	33.33%
SUMATORIA	9	100%
TOTAL	9	100%

Causa 2: ocupación de espacio por chatarra y otros.

Después de desarrollar las herramientas se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 39
Causa 2: Ocupación de espacio por chatarra y otros.

TALLER DE VIGAS Y CABLES					
Área		Operaciones			
Proceso		Elaboración de vigas-columnas-diagonales.			
2	Ítem	Criterio a evaluar	0	1.5	3
Ocupación de espacio por chatarra y otros.	1	Posición de Basureros			X
	2	Normas de Limpieza			X
	3	Reglas de disciplina			X

Tabla 40
Puntaje Obtenido de la Causa 2

Nº	Puntaje	%
1	3	33.33%
2	3	33.33%
3	3	33.33%
SUMATORIA	9	100%
TOTAL	9	100%

Causa 3: No se mide los tiempos y sub-tiempos del trabajo

Después de desarrollar las herramientas se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 41
Causa 3: No se mide los tiempos y sub-tiempos del trabajo

TALLER DE VIGAS Y CABLES					
Área		Operaciones			
Proceso		Elaboración de vigas-columnas-diagonales.			
3	Ítem	Criterio a evaluar	0	1.5	3
No se mide los tiempos y sub-tiempos del trabajo.	1	Procesos diferenciados			X
	2	Conocimiento de Actividades dentro de los procesos			X
	3	Personal y tiempo designado para realizarlo			X

Tabla 42
Puntaje Obtenido de la Causa 3

N°	Puntaje	%
1	3	33.33%
2	3	33.33%
3	3	33.33%
SUMATORIA	9	100%
TOTAL	9	100%

Causa 4: Inadecuada distribución

Después de desarrollar las herramientas se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 43
Causa 4: Inadecuada distribución

TALLER DE VIGAS Y CABLES			Operaciones Elaboración de vigas- columnas-diagonales.		
Área Proceso	Ítem	Criterio a evaluar	0	1.5	3
Inadecuada distribución	1	Orden por descripción			X
	2	Orden por proceso			X
	3	Espacio considerable		X	

Tabla 44
Puntaje Obtenido de la Causa 4

N°	Puntaje	%
1	3	33.33%
2	3	33.33%
3	1.5	16.66%
SUMATORIA	7.5	83.34%
TOTAL	9	100%

Resumen de Indicadores:

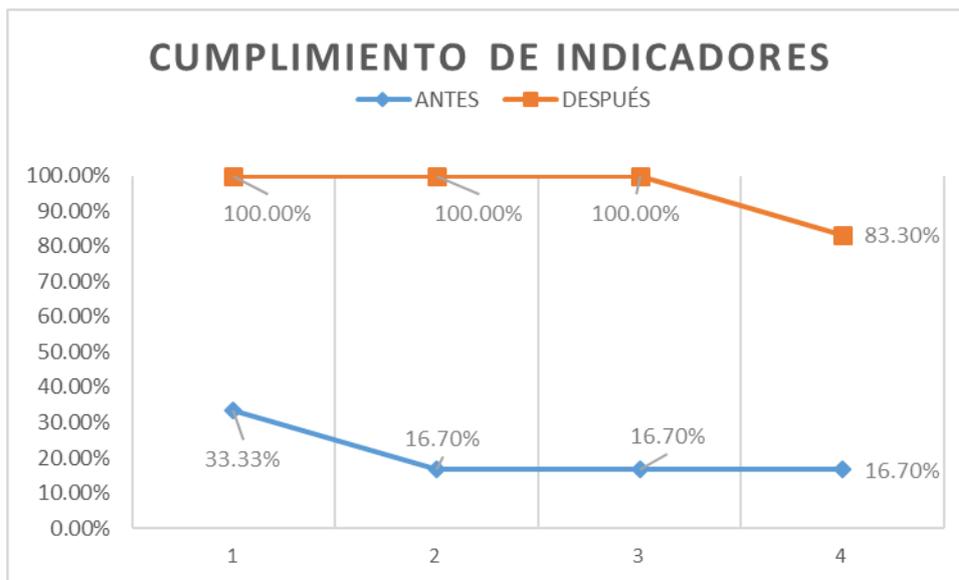
Tabla 45

Comparación de % de cumplimiento de indicadores de Causas Raíces

CUMPLIMIENTO DE INDICADORES		
Causa RAIZ	ANTES	DESPUÉS
CR1: Mala gestión de órdenes de trabajo	33.3%	100.0%
CR2: Ocupación de espacio por chatarra y otros	16.7%	100.0%
CR3: No se mide los tiempos y sub-tiempos del trabajo	16.7%	100.0%
CR4: Inadecuada distribución	16.7%	83.3%

Figura 4

Cumplimiento de indicadores de Causas Raíces



Análisis Financiero

Para la realización del análisis económico de la propuesta de mejora, como primer paso se realizó la determinación de los materiales a usar y el análisis del costo beneficio.

Se tuvieron los siguientes gastos:

Tabla 46

Costos de implementación de mejoras

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS			
	Cantidad	Costo	Total
Utensilios de limpieza	1	S/.12	S/.12
Vinifan	7	S/.15	S/.105
Papel lustre	2	S/.15	S/.30
Cartulina	2	S/.0.9	S/.1.8
Cinta de embalaje	1	S/.2	S/.2
Papelotes	20	S/.0.3	S/.6
Engrapador	1	S/.12.5	S/.12.5
USB	1	S/.16.5	S/.16.5
Resaltador	1	S/.3	S/.3
Plumones	4	S/.3	S/.12
Copias	100	S/0.5	S/.50
Trípticos	1	S/.13.5	S/.13.5
Archivadores	7	S/.8	S/.56
Impresiones	160	S/.0.15	S/.24
Anillados	1	S/.7.2	S/.7.2
Papel de fotocopia	5	S/.11.5	S/.57.5
Cronómetro	1	S/.125	S/.125
TOTAL			S/.534

En la tabla anterior se puede visualizar que la inversión total del costo de implementación de 5S, VSM (SMED) es de S/. 534. Estos costos son por materiales de oficina que fueron utilizados por los investigadores durante este periodo de tiempo.

A continuación, se plantea el costo de recursos humanos.

Tabla 47
Costo de recursos humanos para implementación

Recursos humanos	Coordinación	Capacitación	Implementación	Auditorías	Total	Costo H.H	Costo Total	
Jefe de administración y contabilidad	3	5	25	7	40	S/. 23	S/. 920	
Operario 1	3	7	25	7	42	S/. 15	S/. 630	
Operario 2	3	7	25	7	42	S/. 15	S/. 630	
TOTAL								S/. 2180

El jefe del área de administración y contabilidad tiene una participación activa en el diseño de la metodología 5S, VSM (SMED) dando las autorizaciones para las capacitaciones e implementación.

Tabla 48
Costos del investigador para la implementación

INVESTIGADOR	Total	Costo H.H	Costo total
Coordinación	5	4.5	22.5
Capacitación	7	4.5	31.5
Implementación	25	4.5	112.5
Auditorías	13	4.5	58.5
Horas de asesoría	18	4.5	81
Valor agregado del investigador	100	4.5	450
TOTAL, DE INVESTIGACIÓN			756

Por consiguiente, se presenta el resumen de los costos totales de recursos humanos.

Tabla 49

Costo total de recursos humanos

Costo total de recursos humanos	
Descripción	Costo total
Colaboradores	S/. 2180
Investigador	S/. 756
TOTAL	S/. 2936

Los costos totales de recursos humanos son de S/. 2936. Tras ello se realizará la suma del costo de implementación de la mejora, obteniendo así la inversión total de implementación de las 5S, VSM (SMED)

Tabla 50

Inversión total de la implementación

ACTIVIDADES	VALOR
Costos de implementación de mejoras	S/. 534
Costos de recursos humanos	S/. 2936
TOTAL	S/. 3470

La inversión total para la implementación es de S/. 3470 y con esta cantidad de recurso monetario se busca mejorar la productividad en la empresa.

Análisis Costo – Beneficio

Para calcular el costo-beneficio de la implementación de la metodología 5S se utilizó la siguiente información:

Tabla 51
Cálculo del valor monetario ahorrado en actividades

IMPLEMENTACIÓN	TIEMPO ACTUAL (MIN)	TIEMPO MENSUAL (MIN)	TIEMPO ANUAL (HRS)	H / HOM. (S/.)	AHORRO ANUAL DE H / HOM
Antes	36.10	17758	3628.55	S/. 15	S/. 54428.25
Después	23.49	16744	3421.36	S/. 15	S/. 51320.4
TOTAL					S/. 3107.5

En la tabla anterior se puede visualizar que, tras la implementación de las herramientas, el tiempo estándar de la elaboración de vigas-columnas-diagonales se vio disminuido de 36.10 minutos a 23.49 minutos, dándonos un ahorro al año de horas hombre de S/. 3107.5 soles.

Tabla 52
Beneficio económico de la implementación

Descripción	Beneficio
Ahorro de horas hombre en el área de producción	S/. 3107.5

Una vez calculados los beneficios de la implementación y realizando una comparación previa y posterior, además de considerar los gastos de la implementación, se puede realizar el cálculo del beneficio-costo.

Cálculo del VAN y TIR

Con a la información obtenida, se calculará el VAN y TIR del proyecto, para ello se utilizará la siguiente información:

Se considera Cok = 15% para el análisis de resultados.

Tabla 53

Flujo de Caja

Descripción	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial	S/. -3470					
Beneficio		S/. 3107.5				
Flujo de caja	S/. -3470	S/. 3107.5				

Tabla 54

Cálculo del VAN y el TIR de la implementación.

FLUJO DE CAJA	S/. -3,470	3107.5	3107.5	3107.5	3107.5	3107.5
VA	-3470	S/. 2,702.17	S/. 2,349.72	S/. 2,043.23	S/. 1,776.72	S/. 1,544.98
RECUPERACIÓN	-3470	S/. -767.83	S/. 1,581.89	S/. 3,625.12	S/. 5,401.85	S/. 6,946.82

VAN	S/. 6,946.82
TIR	85%
PR	1.3
C/B	3.00

El valor actual neto (VAN) de la implementación es de S/. 6946.82 al ser mayor que 0 se considera rentable.

La tasa interna de retorno (TIR) es superior al Cok del proyecto, por lo tanto, se recomienda realizar el proyecto $83\% > 15\%$ por lo que es considerado un proyecto rentable.

Análisis Beneficio/Costo

Tras la realización del nivel de contribución, se procederá con el desarrollo del análisis Beneficio/Costo, en el cual se establecerá si el proyecto en cuestión es viable.

Para ello se necesita el VAN de los ingresos y egresos del análisis económico, por lo tanto, si el resultado es mayor a 1, el proyecto será viable.

Consideraciones para la interpretación de resultados:

- Si $B/C > 1$, el proyecto es viable, por lo cual, es aceptado
- Si $B/C = 1$, el proyecto no tendrá la rentabilidad esperada, por lo tanto, debe postergarse
- Si $B/C < 1$, el proyecto es rechazado.

$$\text{BENEFICIO/COSTO} = \text{VAN(INGRESO)}/\text{VAN(EGRESO)} = 6946.82/3470 = 3.00$$

De acuerdo al cálculo del beneficio/costo, el proyecto de investigación es rentable ya que el valor obtenido es de 3.00, siendo mayor a 1.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

Carrillo et al. (2019) tuvo como objetivo principal adaptar las filosofías lean en el área de inventarios, en donde la falta de control, falta de capacitación al personal y la desorganización de los procedimientos no permitía un aumento de productividad. Las herramientas utilizadas fueron las 5S y el TPM, bajando los porcentajes que se obtuvieron en el diagnóstico. También se aplicó una simulación de Montecarlo con los datos históricos de la empresa. Demostrando la viabilidad que brinda la propuesta del proyecto. En la investigación realizada se utilizó la metodología 5S, el VSM y el SMED con la finalidad de disminuir tiempos muertos, el tiempo de demora en la entrega de productos, y el orden, limpieza y clasificación del área de trabajo para maximizar la eficiencia, eficacia y, por ende, mejorando la productividad, demostrando que las herramientas de Lean son viables en pro a la mejora de los procesos, y metodología de hacer las cosas de la empresa.

Yerovi (2017) tuvo como objetivo mejorar el proceso de producción de puertas enrollables de la empresa metalmecánica Hialuvid para disminuir el tiempo de entrega y garantizando la eficiencia y la productividad. Mediante la propuesta de mejora se determinó las herramientas lean (5S, Kanban, TPM, SMED), la mejora incrementó la productividad diaria a dos por encima de los que se venían produciendo. También dio como resultado un Takt time de 316 minutos para que se elabore 26 puertas. Dejando como recomendaciones la capacitación y el control periódico de la misma, dando como resultado a concluir que el proyecto SÍ es factible. En este trabajo de investigación se logró reducir el tiempo durante las transiciones de preparación dentro del proceso de

fabricación gracias a la herramienta del SMED, específicamente en el proceso de la elaboración de la herramienta, descubriendo una pérdida de tiempo de 7 minutos y 37 segundos, gracias a la búsqueda de equipos, los desplazamientos, etc. Es por esa razón que esos tiempos se desplazaron a tiempos externos, ya que estas actividades se realizan cuando la máquina está en funcionamiento. Asimismo, gracias a la metodología 5S se permite mantener el espacio de trabajo, clasificado, ordenado, limpio y con registros y herramientas externas que permiten una fácil estandarización para su duración sin importar el traslado de talento humano en el tiempo, logrando la mejora de la productividad.

Paz Cueva y Rojas Abregú (2021) tuvieron como principal objetivo es Mejorar el proceso manual de Acanalado en el área de Producción, para ello se utilizó un sistema de 5S's en el trabajo basado en la KANBAN lo cual generó una mejora de hasta el 20% en el proceso de acanalado de planchas de acero. Gracias a las herramientas como la metodología 5S, SMED y VSM se logró mejorar la eficiencia, eficacia y, por ende, productividad en el taller de Vigas y Cables para Construcción, Callao 2020.

Miranda y Torres (2018) diagnosticaron demoras de entrega a sus clientes, exceso de horas extras del personal, costo de máquinas adicionales. Se utilizó el VSM para la definición del proceso a evaluar, la elección de los parámetros de medición, y el análisis de base datos de registro de la empresa en el año 2017 y hasta julio 2018; se identificó que la alternativa de solución es que mejore el nivel de cumplimiento de entrega a tiempo y satisfacer la demanda actual. Esta alternativa está basada en la utilización de herramientas de balance de línea y heijunka para la eliminación de mudas. Finalmente, se calculó el VAN y TIR para determinar la viabilidad de la inversión de la propuesta de

mejora. En este trabajo se determinó que para mejorar la productividad se tenían que combinar herramientas Lean como lo fueron la metodología 5S, SMED y VSM que conjuntamente lograron mejorar la productividad del taller. Particularmente, estas herramientas tienen una viabilidad financiera/ económica positiva, ya que posee un VAN de S/. 5,073.63, un TIR de 53%, y un B/C de 1.43.

Paredes (2018) demostró como el estudio del trabajo mejora la productividad en el área de mantenimiento en la empresa Electrónica Max E.I.R.L., Surquillo, 2018. Concluyó que la eficacia inicial encontrada en el área de mantenimiento de CPU fue de un 82.13% en promedio de los meses de agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2017, el cual luego de implementar la aplicación del estudio del trabajo, se incrementó a un promedio de 94.86% en los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo del 2018. En el presente proyecto se tuvo presente la eficiencia y eficacia para medir los niveles de productividad, donde se tuvieron mejoras de 13.90% en la eficiencia y 12.73% en la eficacia con la finalidad de incrementar la productividad, que evidentemente tuvo resultado positivos.

Yerovi (2017) tuvo como objetivo mejorar el proceso de producción de puertas enrollables de la empresa metalmecánica Hialuvid para disminuir el tiempo de entrega y garantizando la eficiencia y la productividad. Mediante la propuesta de mejora se determinó las herramientas lean (5S, Kanban, TPM, SMED), la mejora incrementó la productividad diaria a dos por encima de los que se venían produciendo. También dio como resultado un Takt time de 316 minutos para que se elabore 26 puertas. Dejando como recomendaciones la capacitación y el control periódico de la misma, dando como resultado a concluir que el proyecto SÍ es factible. Este trabajo tuvo como propósito

mejorar el nivel de productividad a través de la metodología 5S, SMED y VSM, logrando una mejora de la productividad significativa, con un valor de 28.34% en relación con el diagnóstico realizado inicialmente, incluyendo la viabilidad económica, en donde se demuestra que esta propuesta de mejora es factible y significativamente importante para la mejora.

Conclusiones

Se determinó que el impacto que tuvo la propuesta de herramientas lean en gestión de operaciones, incrementó la productividad en un 28.34% del taller de vigas y cables para construcción – Callao, 2020.

Se determinó el nivel de productividad antes de la propuesta del taller de Vigas y Cables para Construcción, Callao 2020. A través del cálculo del tiempo de cada actividad y de la toma de tiempos, se obtuvo un promedio de 34.61 minutos en general en las actividades, se agenció de la cantidad de muestras por actividad para calcular el tiempo estándar en las actividades, gracias al factor de tiempo de Westinghouse, arrojando 34.61 minutos para elaborar Vigas-Columnas-Diagonales; asimismo, a través del cálculo de capacidad instalada y los productos planificados, se utilizó el cálculo de la eficiencia y eficacia para hallar la productividad, determinando que se tiene una eficiencia del 64.4%, una eficacia del 85.60% y una productividad del 55.23%.

Se desarrolló la propuesta de herramientas Lean a través de la metodología 5S, en donde se desglosaron en cada S el objetivo que se busca para con los trabajadores, el procedimiento a realizar y herramientas de apoyo que servirán en la adecuada ejecución de la metodología, todo con el afán de lograr una documentación de las actividades para lograr la estandarización y posteriormente la duración a través del tiempo con la

disciplina. En las herramientas de apoyo se destacan: tarjeta roja, creación de checklist de delimitación de frecuencia de equipos ordenados por tipo, colocación estratégica de los artículos, los objetos en general, las estanterías y los utensilios de limpieza, formato de orden , limpieza y un formato de auditoría; a través de la proposición de un mapa de flujo de valor actual se definió que es necesario mejorar los UPTIME de las máquinas y herramientas al 100% finalmente se logrando reducir el lead time de 9.028 días a 4.56 días y el tiempo de proceso, teniendo una mejora del tiempo de proceso de 33.68 minutos a 21.70 minutos ; y reducir el tiempo de valor agregado a través de la herramienta SMED, en donde se propuso las responsabilidades y competencias que debe tener el equipo SMED con la finalidad de ahorrar tiempo y costos para la empresa, con el resultado se descubrió que los tiempos internos antes de la propuesta de SMED eran de 27 minutos y 00 segundos y que tras la aplicación se redujeron a 20 minutos y 50 segundos.

Se determinó el nivel de productividad después de la propuesta, obteniendo un tiempo estándar de 23.59 versus los 33.10 minutos del comienzo, mejorando la capacidad instalada y los servicios planificados, mejorando por consiguiente la eficiencia, eficacia y finalmente la productividad con un valor de 73.43% versus 64.46% del inicio, de 96.50% versus 85.60% del inicio y 70.88% versus 55.23% del inicio respectivamente.

El costo de implementación de la propuesta, en materia de materiales de oficina, asciende a S/. 534, por otra parte, el costo del talento humano asciende a S/. 2,180, el costo del investigador para la implementación asciende a un valor de S/. 756. Obteniendo un valor actual neto (VAN) de S/. 6946.82 demostrando su rentabilidad, también la tasa interna de retorno (TIR) arroja un valor del 83%, superando al Cok del proyecto,

demostrando que es un proyecto totalmente rentable. Finalmente, el beneficio/ costo (b/c) tuvo un valor de 3.00, demostrando una vez más la viabilidad de la propuesta de mejora.

Referencias

Anand, G. y Kodali, R. (2009). Modelo de simulación para el diseño de sistemas de manufactura esbelta - Un caso de estudio. Revista Internacional de Productividad y Gestión de la Calidad. Editores Inderscience. <https://doi.org/10.1504/IJPM.2009.025192>

Barriga, L. (2019). Indicadores de gestión y su influencia en la administración del área de operaciones de la empresa Equipos Mecánicos Estructurales S.A.C. [Tesis, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/22481>

Bell, S. (2005). Lean Enterprise Systems: Using IT for Continuous Improvement. John Wiley & Sons.

Benites, L.(2018). Finite mixture of regression models.

Cabrera Guardia, L., & Cipriani Blanco , W. (2020). Mejora de la capacidad de producción de una empresa de estructura metálicas optimizando el tiempo de ciclo en el enfoque lean manufacturing . Lima: Universidad Ricardo Palma.

Cárdenas Ramírez, A., & Espino Castillo, C. (2020). Rendimiento de cuadrillas para mantener la producción usando herramientas bim en tiempos de covid-19. Lima: Universidad Ricardo Palma.

Carrillo Lanzábal, M., Alvis Ruiz , C., Mensoza Álvarez , Y., & Cohen Padilla , H. (2019). Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia. SIGNOS – Investigación en sistemas de gestión, 71-86.

Coronel Davila, J. (2019). Optimización de reducción de desperdicios de acero en la fabricación de estructuras metálicas utilizando las 5 s del Lean Manufacturing para llevar a cabo el TPM. Lima.

Cruz Álvarez, Jesús Gerardo (2006). Un modelo de productividad y competitividad para la gestión de operaciones. Mercados y Negocios, (14),61-78. [fecha de Consulta 25 de mayo de 2022]. ISSN: 1665-7039. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=571864035004>

Delgadillo, L. (2003). Modelo para evaluar la productividad en micro, pequeñas y medianas empresas de la cadena productiva de la electrónica, la informática y las telecomunicaciones en el estado de Jalisco, México. 27° Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa. Universidad de Guadalajara.

Federico, J., Minetti, A., Rodriguez , M., Cahais , H., & Roitter, S. (2020). Redes y conocimientos que impulsan la innovación y el desarrollo productivo y social. Buenos Aires: 25 Reunión Anual Red Pymes Mercosur.

Fortuny Santos, J., Cuatrecasas Arbos, L., Cuatrecasas Castellsagues, O., & Olivella Nadal, J. (2008). Metodología de implementación de la gestión lean en plantas industriales. Madrid: UNIVERSIA BUSINESS REVIEW.

García Guilianny,J., Cazallo Antúnez, A., Barragan Morales, C., Mercado Zapata, M., Olarte Durán, L., Meza Rodríguez, V.(2019). Indicadores de Eficacia y Eficiencia en la gestión de procura de materiales en empresas del sector construcción del Departamento del Atlántico, Colombia.Espacios,Volumen (40),16-26

Garcia Madurga, M., Grilló Méndez, A., & Morte Nadal, T. (2021). La adaptación de la empresas a la realidad COVID: Una revision Sistemática. RETOS- Revista de ciencias de Administración y Economía, 55-70

Gomez, L. & Rodriguez, F. (1991).Indicadores de calidad y productividad en la empresa (1ra ed.).Editorial Nuevos Tiempos.

Hernández, R., Fernández, C.,Baptista, M., Méndez, S. & Mendoza,C. (2014). Metodología de la investigación (6ta ed.). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.

Instituto Nacional de Estadística e Informática, “Producción Nacional - INEI,” 2019.

Leyva, B. (2018). Uso de herramientas Lean manufacturing para mejorar la productividad en la industria metalmecánica peruana . Lima: Universidad Privada del Norte.

Lian Y, & Van Landgren H. (2007). Analyzing the effects of Lean Manufacturing using a value stream mapping-based simulation generator international. Journal of Production Research, 45(13), 3037–3058

Marcelo Mantilla,L., Mayorga Abril,C., Mayolema,M., Ruiz Guajala,M.(2015). Procesos de producción y productividad en la industria de calzado ecuatoriana: caso empresa mabelyz. Revista ECA Sinergia, Volumen (7),88-100.

Makoto HH. (2005). La base de las 5S: La empresa cada vez funciona mejor. Chuquea Publishing Company.

Mascheroni, F. (2020). Implementación de Buenas practicas ambientales en una empresa metalmecanica. Córdoba : Universidad empresarial siglo 21 .

Miranda PH, & Torres RO. (2018). *Propuesta de mejora del proceso de reparación de equipos aplicando Lean Manufacturing en una empresa de renta de maquinaria para construcción y minería* [Tesis Titulación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/62483>

Montaña-Blasco, M., Ollé-Castellà, C., & Lavilla-Raso, M. (2020). Impacto de la pandemia de COVID-19 en el consumo de medios en España. Revista Latina de Comunicación Social, 78, 155-167.

Paredes VA. (2018). *Aplicación del estudio del trabajo para la mejora de la productividad en el área de mantenimiento en la empresa Electrónica Max E.I.R.L., Surquillo, 2017* [Tesis Titulación, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/2288>

Paz Cueva, M., & Rojas Abregú, G. (2021). Propuesta de mejora en el proceso manual de acanalado en el area de producción para reducir los tiempos improductivos en la empresa metal mecánica MACOM RM SAC . Lima: Universidad Privada del Norte.

Reyes A. (2002). Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: Experiencias y reflexiones. Revista Contaduría y Administración. <http://www.ejournal.unam.mx/rca/205/RCA20505.pdf>

The Machine that changed the world [Book] / auth. Womack James, Jones Daniel T. and Ros Daniel. - 1990.

Tolentino, A. (2004). "New Concepts of Productivity and its Improvement". European Productivity Network Seminar, Budapest, 13-14 May 200.

Torres Condori, j. (2020). Diseño de un sistema de gestion de operaciones de servicio para aumentar la productividad en una MYPE metalmecánica. Arequipa: Univerddidad Catolica San Pablo.

Valderrama, S. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. 5. a ed. Perú: Editorial San Marcos de Aníbal Jesús Paredes Galván, 2015. 443 pp. ISBN: 9786123028785

Womack J. (2004). Lean thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa. Editorial Gestión 2000.

Yerovi, M. (2017). Propuesta de mejora del proceso de producción de puertas enrollables de la empresa metalmecanica Hialubid, aplicando herramientas de la metodologia Lean Manufacturing. FICA, 1-8.