



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Trabajo de Integración
Curricular previa la obtención
del Grado Académico de
Ingeniero Industrial.

Proyecto de Investigación:

**“APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN
PARA MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL TALLER
METALMECÁNICA AGROTECNIA”**

Autor:

Henry Manuel Teran Caisachana

Director del proyecto de Investigación:

Ing. Milton Villafuerte López, Mgs.

Quevedo– Los Ríos-Ecuador

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Henry Manuel Terán Caisachana, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Henry Manuel Terán Caisachana

CI: 120733338-4



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Milton Villafuerte López, Mgs**; Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Henry Manuel Terán Caisachana**, realizó el Proyecto de Investigación titulado **“APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL TALLER METALMECÁNICA AGROTECNIA”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto

Ing. Milton Villafuerte López, Mgs.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Ing. Milton Villafuerte López, Mgs.; director del Proyecto de Investigación “APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL TALLER METALMECÁNICA AGROTECNIA”, me permito manifestar a usted y por intermedio del Consejo Académico de Facultad lo siguiente:

Que, el Sr. Henry Manuel Teran Caisachana, egresado de la facultad de Ciencias de la Industria y Producción, ha cumplido con las correcciones, e ingresado su Proyecto de Investigación al Sistema URKUND, certifico la siguiente información sobre el informe del sistema anti plagio con un porcentaje de 3%

URKUND

Documento	Trabajo Teran Henry.docx (D159651153)
Presentado	2023-02-27 19:21 (-05:00)
Presentado por	Milton Villafuerte (mvillafuerte@uteq.edu.ec)
Recibido	mvillafuerte.uteq@analysis.orkund.com
Mensaje	Revisar trabajo Mostrar el mensaje completo

3% de estas 19 páginas, se componen de texto presente en 3 fuentes.

Ing. Milton Villafuerte López, Mgs.
**DIRECTOR DEL PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN**



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

Título:

**APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN
PARA MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL TALLER
METALMECÁNICA AGROTECNIA**

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Danny Rivas Sierra, M.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Avemañay Morocho

Ángel, M.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Barros Enríquez José

David, M.Sc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2023

AGRADECIMIENTO

Es un orgullo para mi hacer mención de todos a quienes agradezco que estuvieron conmigo a lo largo de mi carrera y poder llegar hasta este anhelado momento que es mi título profesional a través de este trabajo de tesis, en honor a dicho orgullo deseo empezar mi agradecimiento con lo siguiente.

Primeramente, agradezco a Dios por haberme puesto en la vida unos Padres sobresalientes y correctos al Ing. Manuel Teran e Ing. Julia Caisachana que han sabido llevarme por el camino del bien y por todo ese apoyo que me brindaron en lo que ah sido mi vida estudiantil.

Mi agradecimiento también va dirigido a la prestigiosa Universidad Técnica Estatal de Quevedo que me abrió las puertas de su educación y su seno científico y a los diferentes docentes que me supieron brindar su conocimiento, agradezco también a mi asesor de Tesis el ING. Milton Villafuerte López por su paciencia brindada y el conocimiento adquirido en sus clases y a los diferentes miembros del tribunal por sus correcciones para mejorar cada día con mi proyecto de investigación.

Para finalizar un agradecimiento para mis compañeros de aula que a pesar algunas indiferencias estuvieron conmigo brindándome apoyo ético y moral para seguir trabajando duro en mi carrera profesional.

DEDICATORIA

Dedico con mucho cariño esta tesis a mi eje de vida que son mis padres, y a mi abuela Sra. Bertha León que es como mi segunda madre siempre se ha preocupado por mí y ha querido lo mejor en mi vida.

A Dios por haberme brindado salud, bondad y sabiduría en todo este proceso académico y poder lograr mis objetivos.

También se la dedico a mis 3 hermanos menores con la finalidad de enseñarles el fruto del trabajo diario para llegar a la meta que se propongan.

A mi enamorada que siempre a estado desde el día 1 que empezamos con este sueño de ser unos profesionales de la república también se lo dedico con mucho amor y cariño.

RESUMEN

El presente proyecto está enfocado en la aplicación de herramientas Lean Manufacturing con el fin de mejorar la productividad en la línea de producción en un taller metalmecánico; inició realizando un diagnóstico al proceso de producción de tornillos sin fin, donde se evidenció que el 88,89% de las actividades requieren ser supervisadas. Según el diagrama de flujo del proceso existen dos actividades que no agregan valor que representan el 5,88% del tiempo del ciclo observado. Los cuellos de botellas identificados en el proceso determinaron que en el 50% de las actividades generan movimientos innecesarios, por otra parte, el 20% son transportes, el 10% son reprocesos, otro 10% son las esperas en el proceso y el restante 10% corresponden sobreprocesos. De esta manera el takt time es de 139765 segundos por unidad, que con respecto al tiempo del ciclo observado que es de 157732 segundos por unidad genera una brecha negativa del 6%, en este sentido con estos valores la empresa no podría cumplir con la demanda del producto. La herramienta Lean Manufacturing analizada y seleccionada fue la estandarización, con la que se procedió a realizar un estudio de tiempos y así estandarizar el tiempo del ciclo para la producción de tornillos sin fin. Se utilizó el estándar de la General Electric Company para determinar el número de observaciones en el estudio, para la valoración del ritmo de trabajo se consideró el método de nivelación y para establecer el coeficiente de descuento por el desempeño del operador se utilizó el estándar de los suplementos y holguras establecido por la organización internacional del trabajo. Con la estandarización se obtuvo una reducción en el tiempo del ciclo de 2250 minutos a 2219.2 minutos, lo que influye en una mejora de la productividad de 3,88 unidades por mes a 4,46 unidades por mes, representado un incremento en la productividad del 14,91%.

Palabras clave: Takt time, lean Manufacturing, cuellos de botellas, estandarización, General Electric

ABSTRACT

This project is focused on the application of Lean Manufacturing tools in order to improve productivity in the production line of a metal-mechanic workshop; began by performing a diagnosis of the worm production process, where it was found that 88.89% of the activities need to be supervised. According to the process flow diagram, there are two activities that do not add value, which represent 5.88% of the observed cycle time. The bottlenecks identified in the process determined that 50% of the activities generate unnecessary movements, 20% are transports, 10% are reprocesses, another 10% are waits in the process and the remaining 10% are overprocesses. Thus, the takt time is 139765 seconds per unit, which with respect to the observed cycle time of 157732 seconds per unit generates a negative gap of 6%, in this sense with these values the company could not meet the product demand. The Lean Manufacturing tool analyzed and selected was standardization, with which we proceeded to conduct a time study and thus standardize the cycle time for the production of worm screws. The standard of the General Electric Company was used to determine the number of observations in the study, for the valuation of the work rhythm the leveling method was considered and to establish the discount coefficient for the operator's performance the standard of the supplements and clearances established by the international labor organization was used. With the standardization, a reduction in the cycle time from 2250 minutes to 2219.2 minutes was obtained, which influences an improvement in productivity from 3.88 units per month to 4.46 units per month, representing an increase in productivity of 14.91%.

keywords: Takt time, lean Manufacturing, bottlenecks, General Electric, standardization

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA:	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CÓDIGO DUBLÍN	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Problema de investigación	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.1.2. Formulación del problema	7
1.1.3. Sistematización de los problemas específicos.....	7
1.2. Objetivos.....	8
1.2.1. Objetivo general	8
1.3. Justificación.....	8
1.3.1. Justificación teórica.....	8
1.3.2. Justificación práctica.....	8
CAPÍTULO II.....	10
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	10
2.1. Marco conceptual.....	11

2.1.1.	Sistemas esbeltos.....	11
2.1.2.	Lean Manufacturing.....	11
2.1.3.	Objetivos del Lean Manufacturing.....	11
2.1.4.	Los siete desperdicios	12
2.1.5.	Herramientas del Lean Manufacturing	12
2.1.6.	Estudio del trabajo.....	15
2.1.7.	Medición del trabajo	15
2.1.8.	Estudio de tiempos	16
2.1.9.	Tiempo básico.....	16
2.1.10.	Tiempo estándar	16
2.1.11.	Número de observaciones	17
2.1.12.	Valoración del trabajo.....	17
2.1.13.	Suplementos y holguras.....	17
2.2.	Marco referencial.....	18
CAPÍTULO III		21
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		21
3.1.	Tipo de investigación	22
3.2.	Modalidades de investigación	22
3.3.	Población y muestra	22
3.4.	Técnicas e instrumentos	23
CAPÍTULO IV		24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		24
4.1.	Resultados.....	25
4.1.1.	Diagnóstico del estado actual de la línea de producción	25
4.1.2.	Cuellos de botellas en el proceso.....	28
4.1.3.	Mejoras en la producción de tornillos sin fin mediante el uso de herramientas Lean Manufacturing	32

4.1.4.	Hipótesis.....	42
4.2.	Discusión	42
CAPÍTULO V		44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		44
5.1.	Conclusiones	45
5.2.	Recomendaciones	46
CAPÍTULO VII.....		51
ANEXOS.....		51

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Página
Tabla 1	Tiempos observados en el proceso.....29
Tabla 2	Demanda de bazucas o tornillos sin fin.....30
Tabla 3	Pesos de los aspectos.....33
Tabla 4	Matriz de alternativas para decisión.....33
Tabla 5	Matriz valorada de alternativas para decisión.....34
Tabla 6	Estándar General Eléctric Company.....35
Tabla 7	Valoración ritmo de trabajo – método de nivelación37
Tabla 8	Resumen tiempo estándar vs productividad.....41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
Figura 1	Layout actual de planta.....	6
Figura 2	Suplementos y holguras según la Organización Internacional del Trabajo.....	18
Figura 3	Ficha de observación.....	25
Figura 4	Secuencia de actividades en fabricación de tornillos sin fin.....	26
Figura 5	Diagrama de flujo de proceso máquina bazuca.....	27
Figura 6	Desperdicios identificados en el proceso.....	28
Figura 7	Takt time del proceso de fabricación de bazucas	31
Figura 8	Takt time vs tiempo actual de producción	32
Figura 9	Estudio de tiempo básico de ciclo validado en minutos.....	36
Figura 10	Estudio de tiempo básico validado y nivelado.....	38
Figura 11	Suplementos y holguras	39
Figura 12	Tiempo estándar	40
Figura 13	Porcentaje de incremento de la productividad	41
Figura 14	Takt time vs tiempo de ciclo estandarizado.....	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Análisis de selección de maquinaria.....	52
Anexo 2	Formato ficha de observación de proceso.....	54
Anexo 3	Ubicación del taller metalmecánico Agrotecnia.....	55
Anexo 4	Observación del proceso y toma de tiempos.....	55

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	“APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL TALLER METALMECÁNICA AGROTECNIA”				
Autor:	Teran Caisachana Henry Manuel				
Palabras clave:	Takt Time	Lean Manufacturing	Cuellos de botellas	Estandarización	General Electric
Fecha de publicación:	2023				
Editorial:	Quevedo – UTEQ – 2023				
Resumen:	Resumen: El presente proyecto está enfocado en la aplicación de herramientas Lean Manufacturing con el fin de mejorar la productividad en la línea de producción en un taller metalmecánico; inició realizando un diagnóstico al proceso de producción de tornillos sin fin, donde se evidenció que el 88,89% de las actividades requieren ser supervisadas. Según el diagrama de flujo del proceso existen dos actividades que no agregan valor que representan el 5,88% del tiempo del ciclo observado. Los cuellos de botellas identificados en el proceso determinaron que en el 50% de las actividades generan movimientos innecesarios, por otra parte, el 20% son transportes, el 10% son reprocesos, otro 10% son las esperas en el proceso y el restante 10% corresponden sobreprocesos. Abstract: This project is focused on the application of Lean Manufacturing tools in order to improve productivity in the production line of a metal-mechanic workshop; began by performing a diagnosis of the worm production process, where it was found that 88.89% of the activities need to be supervised. According to the process flow diagram, there are two activities that do not add value, which represent 5.88% of the observed cycle time. The bottlenecks identified in the process determined that 50% of the activities generate unnecessary movements, 20% are transports, 10% are reprocesses, another 10% are waits in the process and the remaining 10% are overprocesses..				
Descripción:	71 hojas: dimensiones 29 x 21 cm + CD-ROOM				
URI:					

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad, la productividad siempre ha sido un tema importante relacionado con el desarrollo económico y el bienestar social de un país, desde las teorías clásicas de la ventaja absoluta de un país, la ventaja comparativa y la ventaja competitiva hasta modelos que resuelven algunos problemas de estas teorías (García et al., 2017).

Para lograr el objetivo de mejorar productivamente las operaciones, las industrias deben implementar herramientas de control en sus procesos para asegurar un procesamiento eficiente de sus productos. Estas herramientas forman parte del sistema de producción ajustada y se centran en la prevención de residuos. Interpretarlo como desperdicio no agrega valor al proceso (Ortíz, 2018).

En este sentido, para (Aguirre, 2014) “Cada vez son más las problemáticas industriales que surgen a nivel mundial en la búsqueda de altos niveles de competitividad, dando pie a la creación de nuevas metodologías en aras de mejorar los procesos e incrementar la productividad de la empresa. Muchas de estas alternativas deben ser adaptadas de acuerdo a la necesidad organizacional considerando para ello la cultura, los recursos disponibles, la planeación estratégica y las proyecciones que dan norte al día a día empresarial”.

Lean Manufacturing es una filosofía de origen japonés que sus inicios se remontan al año 1950, y que la idea era eliminar residuos o actividades que no generaban valor y que posteriormente llegó a ser conocida. Para lo cual se utilizaron diversas herramientas como el mapa de flujo de Valor (VSM), kanban, 5S, kaizen, etc., todas estas herramientas se adaptaron y aplicaron en varias industrias manufactureras discretas y algunas de ellas se introdujeron en el proceso continuo de la industria manufacturera metalmecánica.

Al hacer referencia de la industria metalmecánica, en el Ecuador esta representa el 14% del PIB y ha crecido en promedio un 7% desde el año 2000. La industria manufacturera se divide en subsectores, entre los que se destacan los productos de la industria metalmecánica ecuatoriana, mostrando la importancia de este sector en el Ecuador y la necesidad de ser cada día más competitiva (PRO-ECUADOR, 2015).

El taller metalmecánico Agrotecnia tiene claro que su principal prioridad es de mejorar su proceso productivo para luego poder satisfacer la demanda del mercado; sin embargo, en los

últimos meses se han reportado constantes quejas de sus clientes debido a los pedidos incompletos y no entregados a tiempo, generando insatisfacción entre los clientes, dando lugar a que puedan migrar a la competencia.

Además, en el presente estudio de análisis de caso se muestra cómo pueden adoptarse y aplicarse técnicas Lean Manufacturing en esta empresa, en donde la base para este análisis se detalla en la revisión de literatura.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad las empresas tienen como objetivo la mejora continua y la permanencia en un mercado competitivo, lo que permite que las empresas busquen herramientas que permitan la evaluación y la estandarización de procesos para la ejecución de sus actividades. Teniendo en cuenta que la productividad es la relación entre la eficiencia y la eficacia, es importante la implementación de la herramienta Lean Manufacturing donde se involucre al personal que labora dentro de la organización lo que permite brindar un adecuado seguimiento durante y después de la aplicación, consiguiendo las metas y objetivos propuestos.

El presente análisis de caso se desarrolló en el taller metalmecánico Agrotecnia del cantón Quevedo, dedicada a la fabricación de maquinarias y equipos agroindustriales. Agrotecnia está comprometida con mejorar continuamente su productividad, reduciendo sus costos de producción, y poniendo como objetivo principal la calidad de sus productos y servicio.

En el taller metalmecánico Agrotecnia se ha evidenciado elevados tiempos en la producción, retrasos y esperas en los procesos, esto ocasiona paradas en las maquinarias y procesos desbalanceados, lo que se convierte en lentitud de sus líneas de producción, influyendo directamente en la insatisfacción de sus clientes por los retrasos en la entrega de sus productos finales.

Se ha evidenciado también que en el taller hay contraflujos de los materiales, esto principalmente por la incorrecta secuencia de las operaciones, de los equipos y procesos en la planta (distribución); repercutiendo directamente en el esfuerzo realizado por sus colaboradores en la producción de las maquinarias agroindustriales, todo esto conlleva al efecto del aumento de movimientos, transporte excesivo de las materias primas, alto nivel de inventario de materias primas y uso ineficiente de las herramientas de trabajo para cada uno de los procesos.

En el presente análisis de caso se consideran los principios del Lean Manufacturing y los procesos en línea, estas metodologías proyectarán la mejora de la productividad en el flujo del proceso en toda la cadena de producción del taller metalmecánico Agrotecnia.

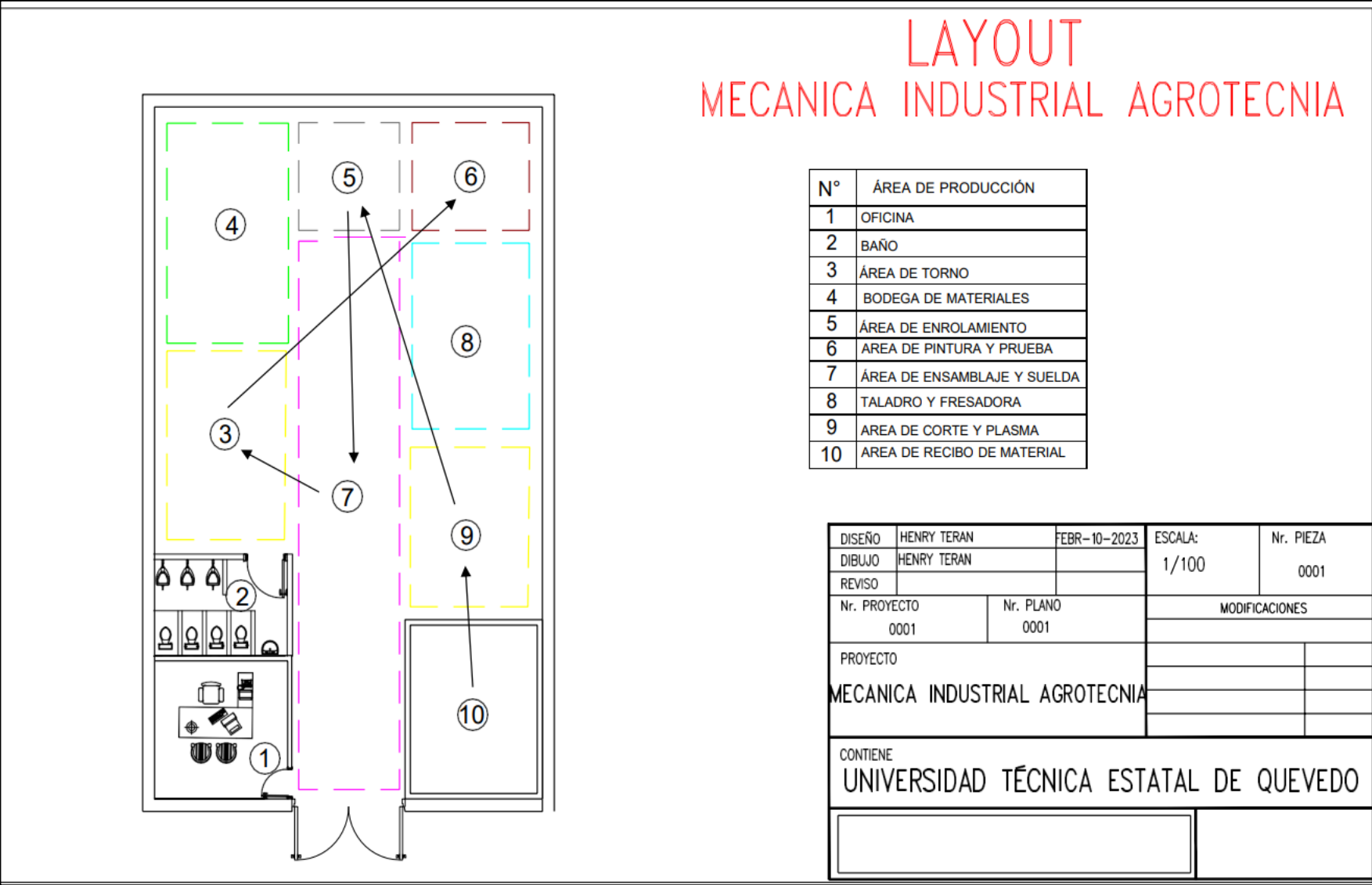
Diagnóstico

Para (Wilches et al., 2013), en su artículo “Aplicación de herramientas de manufactura esbelta para el mejoramiento de la cadena de valor de una línea de producción de sillas para oficina”, en sus conclusiones finales indica que se puede evidenciar que para optimizar los procesos en las organizaciones no es necesario realizar grandes inversiones en tecnología de punta, basta con conocer e implementar herramientas de Lean Manufacturing, que deben estar enfocadas en el mejoramiento continuo con gastos mínimos de inversión. Para detectar los problemas que se presentan en el proceso de producción es necesario recolectar información acerca de los procesos y el estado actual de cada área de producción; para tener un punto de partida confiable de tal manera que se puedan detectar las fallas en el sistema y las causas que la generan.

En el taller metalmecánico Agrotecnia existen varios procesos acordes a los tipos de productos (equipos y maquinarias) que se fabrican para el sector agroindustrial. Los productos (máquinas y equipos agroindustriales) con mayor demanda y que normalmente se producen en Agrotecnia son: bazucas o tornillos sin fin, secadoras de grano, molinos, zarandas prelimpiadoras y absorbentes con tuberías metálicas, entre otras.

Para la fabricación de los productos, el taller se encuentra distribuido según se detalla en la figura 1 (layout actual).

figura 1:
layout actual de la planta



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

En este sentido se realizó una preselección entre productos, es decir, los productos que participan en operaciones con procesos similares en las diferentes máquinas; la selección del producto se realizó considerando cuatro aspectos desde el punto de vista del investigador, como son el costo del producto, demanda anual, tiempo proyectado para la fabricación y la cantidad de actividades que se ejecutan en la fabricación de cada producto. Realizada la selección (anexo 1), la máquina o equipo agroindustrial al cual se realiza el estudio es la bazuca o tornillo sin fin

Pronóstico

En el presente análisis de caso se consideran los principios del Lean Manufacturing, con la propuesta de aplicación se proyecta mejorar la productividad a lo largo de la línea de producción del taller Agrotecnia, regulando los niveles de inventario y abastecimiento de los recursos necesarios en la fabricación de equipos y maquinarias agroindustriales que se realizan en la empresa. En este sentido, el taller metalmecánico Agrotecnia se verá beneficiado respecto a la sincronización en la llegada de los materiales, la reducción de inventario y la producción de solo lo necesario.

1.1.2. Formulación del problema

¿La propuesta de aplicación de herramientas Lean Manufacturing permite mejorar la productividad en la línea de producción del taller metalmecánico Agrotecnia?

1.1.3. Sistematización de los problemas específicos

- ¿Cómo diagnosticar el estado actual de la línea de producción del taller metalmecánico, en cuanto a su proceso productivo se refiere?
- ¿Cuáles son los cuellos de botellas que se generan de acuerdo a los desperdicios generados?
- ¿Qué herramientas Lean Manufacturing serán las más adecuadas para aplicar y dar solución a la problemática identificada?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Proponer la aplicación de herramientas Lean Manufacturing para el mejoramiento de la productividad en la línea de producción del taller metalmecánico Agrotecnia.

1.2.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual de la línea de producción del taller metalmecánico Agrotecnia mediante un estudio de procesos.
- Identificar los cuellos de botella que se generan en la producción del taller mediante un análisis de desperdicios.
- Proponer mejoras en los procesos de producción mediante el uso de herramientas Lean Manufacturing

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación teórica

El presente análisis de caso se enfoca en disponer de un método de aplicación de Lean Manufacturing para la línea de producción de equipos y máquinas agroindustriales; se fundamenta en diagnosticar el estado actual de la línea de producción, mediante el uso de diagramas de flujos y distribución de planta, a partir de los cuales se identifica las posibilidades de mejora y planear la propuesta de aplicación de la herramienta Lean Manufacturing, y de esta manera se reduzcan o eliminen los desperdicios identificados como tiempos de espera, transporte innecesarios, procesamientos inadecuados y movimientos ineficientes.

El Lean Manufacturing observa lo que no se debe hacer porque no agrega valor y tiende a reducirlo y/o eliminarlo. Para lograr sus objetivos, utiliza de forma sistemática y continua un amplio conjunto de métodos que cubren casi todas las áreas de producción: organización de puestos de trabajo, control de calidad, procesos de producción internos, mantenimiento, gestión de la cadena de suministro (Ortíz, 2018).

1.3.2. Justificación práctica

Existen condiciones de negocio que obligan a ser cada día más competitivos con el apoyo de herramientas y metodologías de mejora continua, el taller metalmecánico en estudio es

uno de los talleres más estables del sector, para continuar tiene la obligación de mejorar la productividad de su línea de producción utilizando herramientas que permiten reducir y/o eliminar todos aquellos factores que no agregan valor al proceso productivo y por el contrario hacen más lento el proceso que generan desperdicios, atrasos y reprocesos que afectan directamente la rentabilidad y competitividad del taller.

Lo que el taller metalmecánico Agrotecnia obviamente pretende es ser una empresa rentable, generadora de empleo, con procedimientos limpios y clientes satisfechos, estar seguro que con la aplicación del Lean Manufacturing logrará el mejoramiento de la productividad. Es importante mencionar también que talleres similares en el sector industrial donde se desenvuelve Agrotecnia han desaparecido, debido a realizar conciencia que se tiene que evolucionar, a actualizarse constantemente y estar vigente en el mundo globalizado que cambia de la noche a la mañana a pasos agigantados.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. *Sistemas esbeltos*

Son sistemas operativos que maximizan el valor agregado de cada operación comercial al reducir recursos innecesarios y eliminar demoras operativas (Ortíz, 2018).

2.1.2. *Lean Manufacturing*

Lean Manufacturing consiste en herramientas que ayudan a eliminar todas las actividades que no agregan valor a los procesos, a cada actividad y eliminan lo innecesario, reduciendo desperdicios y mejorando las operaciones. Lean Manufacturing nació en Japón y fue concebida por grandes gurús del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyota entre algunos (Díaz del Castillo, 2009).

Lean Manufacturing se define como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en:

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio
- Mejora continua: Kaizen
- La mejora consistente de Productividad y Calidad (Díaz del Castillo, 2009).

2.1.3. *Objetivos del Lean Manufacturing*

El objetivo principal de la manufactura esbelta es implementar una filosofía de mejora continua que permita a las organizaciones reducir costos, mejorar procesos y eliminar desperdicios para aumentar la satisfacción del cliente y mantener los márgenes de ganancia (Díaz del Castillo, 2009). La manufactura esbelta proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida; específicamente la manufactura esbelta:

- Reduce la cadena de desperdicios dramáticamente
- Reduce el inventario y el espacio en el piso de producción
- Crea sistemas de producción más robustos
- Crea sistemas de entrega de materiales apropiados
- Mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad (Díaz del Castillo, 2009)

2.1.4. Los siete desperdicios

Taiichi Ohno afirma que desperdicio es cualquier cosa que no agregue valor directamente al producto final o no contribuya al desarrollo del producto, que es lo que la filosofía de gestión ajustada busca eliminar. Jim Womack sugiere que una forma efectiva de identificar el desperdicio en una organización es obtener una idea de lo que significa el valor para la empresa (Ortíz, 2018).

2.1.5. Herramientas del Lean Manufacturing

El Lean Manufacturing es un conjunto de herramientas para identificar y eliminar desperdicios como sobreproducción, tiempo, inventario, defectos, procesos, etc. Para ello, todos los involucrados en el proceso (muda) son herramientas para que promuevan la mejora continua; Un enfoque se basa en la variabilidad, lo que significa flujo y reflujo, paradas y arranques de producción y golpes de proceso (mura) para los cuales se deben identificar los problemas más serios a fin de implementar la herramienta más apropiada (Syed Asad et al., 2016)

2.1.5.1. 5s para el mejoramiento continuo.

Esta herramienta consiste en cinco elementos básicos que son: selección, sistematización, limpieza, normalización y autodisciplina, estos elementos permiten crear buenos hábitos dentro de los integrantes de la empresa para el cumplimiento de una cultura de calidad dentro de los procesos, esta herramienta tiene sus inicios en la industria japonesa siendo de mucho impacto hasta la actualidad por su agilidad y simplicidad al momento de aplicarlas (Díaz del Castillo, 2009).

La metodología de las 5S busca optimizar el ambiente de trabajo mejorando la organización, el orden y la limpieza de manera permanente con el fin de mejorar la productividad y la calidad de los productos (Ortíz, 2018).

2.1.5.2. Kaizen.

La metodología Kaizen definida por Masaaki Imai quiere decir “mejoramiento”; esta herramienta dentro de la aplicación del Lean Manufacturing busca sustentar como un

mecanismo organizacional en la que involucra directamente a los empleados en la mejora de los procesos, ya que la participación de los mismos crea un camino para que sean partícipes al desarrollo de la empresa o compañía (Gil et al., 2012).

2.1.5.3. *Just-in-time.*

La técnica en el sistema de producción Just in Time se desarrolló en Japón por Taichi Ohno quien fue el primer vicepresidente de Toyota Motor Corporation, esta técnica se originó con la necesidad de reducir costos a través de la eliminación de los desperdicios, esta técnica utiliza el método que intenta fabricar los productos necesarios en función de las cantidades requeridas y al tiempo preciso, el Just in Time se considera una filosofía dentro de la producción con el fin de tener una mejor perspectiva de ver las cosas es así que permite adquirir los materiales necesarios dentro de cada fase del proceso productivo para así una vez terminado el producto llegue a los clientes en las cantidades solicitadas y en el tiempo establecido (Acevedo et al., 2001).

2.1.5.4. *Takt time.*

El termino takt viene del idioma alemán, donde su significado es latido, por ello se entiende que el takt time es el periodo de tiempo estipulado en la producción de un producto, también conocido como tasa de suministro, para que coincida con la tasa a la que pertenece un producto como la tasa de necesidad.

De esta manera la planificación takt tiene como principal objeto la construcción de la estabilidad dentro de los tiempos de producción, por medio de la implementación de un proceso en donde se plantean actividades alineadas en la estrategia de producción planteada por la empresa, que a su vez debe concordar con los objetivos generales de la misma, para que posteriormente esta estrategia deberá transformarse en un plan de producción, y finalmente ser un programa finalizado para la producción (González et al., 2010)

2.1.5.5. *Estudio del trabajo.*

El estudio del trabajo se enfoca en un estudio sistemático de técnicas para realizar tareas, optimizar el uso de recursos y desarrollar reglas para mejorar el desempeño de las actividades en el área de producción. Con trabajo y estudio, el tiempo se puede cambiar para

simplificar el método de operación. Lo más importante es detectar movimientos inútiles y así reducir el tiempo de producción. Esto se hace con herramientas de registro de tiempos con el fin de obtener un tiempo estándar a lo largo de la producción, es decir, el tiempo que se tarda en obtener el producto y así poder tomar una decisión (Arango et al., 2015).

2.1.5.6. *SMED (Single-Minute Exchange of Die).*

El SMED "Single-Minute Exchange of Die, es decir, cambio de herramienta en un solo dígito de minutos", es una técnica de mejoramiento continuo que permite minimizar los tiempos de cambio de herramientas de manera considerable, lo que se convierte en un aumento de flexibilidad, productividad y eficiencia (Espín, 2013), citado por (Ortíz, 2018).

2.1.5.7. *TPM (Mantenimiento Productivo Total).*

TPM es un concepto de fabricación innovador diseñado para maximizar la eficiencia de los sistemas de fabricación mediante la eliminación de pérdidas a lo largo del ciclo de vida, involucrando y motivando a toda la fuerza laboral e involucrando a todo el talento de la organización, desde la alta dirección hasta los operadores de planta, principalmente para promover operaciones autónomas. mantenimiento del operador, que involucra las operaciones del día a día de toda la empresa, TPM se define como un método y una nueva actitud hacia el mantenimiento (Suzuki, 1995).

2.1.5.8. *Kanban.*

Es una técnica de gestión de la producción basada en un sistema pull que autogestiona en base a procesos, eliminando la programación centralizada. Se produce y transporta lo necesario en el proceso de consumo, y solo se conservan aquellas cantidades que garantizan la continuidad del consumo. Cuando se detiene el consumo, se detiene la producción. Con el método Kanban se minimizan los sistemas de información porque no es necesario elaborar planes detallados de subdivisiones productivas o de cada proceso. En cambio, es suficiente informar a la línea de ensamblaje final o al proceso terminal. Se puede expresar como: "El proceso siguiente retira las piezas (trabajo) del proceso anterior" (Acevedo et al., 2001).

2.1.5.9. Heijunka (producción nivelada).

Heijunka es una técnica para adaptar la producción a las necesidades cambiantes del comprador al conectar toda la cadena de costos desde el proveedor hasta el consumidor. El plan es producir pequeños lotes de varios modelos con cambios rápidos en poco tiempo sin defectos, en lugar de modelos en serie uno por uno (Ortíz, 2018).

2.1.5.10. Jidoka.

Es una metodología la cual busca que cada proceso tenga su propio autocontrol de calidad (refiriéndose primordialmente a procesos industriales de producción online o a gran escala). Este procedimiento no funciona sólo enmendando una irregularidad puntual, sino que investiga la causa raíz, permitiendo eliminarla y evitando su repetición en el futuro (Jilcha & Kitaw, 2015), citado por (Altamirano, 2018).

2.1.5.11. Poka-Yoke.

Un Poka-Yoke es una herramienta procedente de Japón que significa “a prueba de errores”. Lo que se busca con esta forma de diseñar los procesos es eliminar o evitar equivocaciones ya sean de ámbito humano o automatizado. Este sistema se puede implantar también para facilitar la detección de errores (González & Jimeno, 2012).

2.1.6. Estudio del trabajo

Es el análisis de métodos utilizados para realizar una operación logrando mejorar eficazmente el uso de recursos y proponer normas de rendimiento dirigido a las actividades del proceso (Nuñez, 2022).

2.1.7. Medición del trabajo

Aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador debidamente calificado para llevar a cabo una tarea definida, según normas establecidas (Salazar, 2019).

A través de esto se puede modificar o simplificar el método actual de un proceso y así reducir el trabajo innecesario y excesivo; al final se puede fijar un tiempo óptimo para cada operación logrando aumentar los niveles de producción del proceso (Nuñez, 2022).

2.1.8. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos consiste en medir el tiempo que un trabajador dedica a realizar una tarea determinada, con el objetivo de establecer un tiempo estándar (Salazar, 2019).

Es una técnica utilizada para determinar con gran exactitud el tiempo necesario para realizar la ejecución de una tarea (Nuñez, 2022). La fundamentación de esta técnica se basa en la medición de contenido del trabajo teniendo un método ya preestablecido, con la aplicación de los suplementos y los retrasos inevitables de los trabajadores (Maynard, 2009).

2.1.9. Tiempo básico

El tiempo básico es el tiempo mínimo irreducible que se calcula a partir de los tiempos elementales de una tarea de trabajo.

Una tarea de trabajo es un conjunto de actividades necesarias para completar la ejecución de un proceso o producto.

Cada tarea está compuesta de varios movimientos elementales (Jijón, 2013). El tiempo básico se calcula con la ecuación que se detalla a continuación:

$$\text{Tiempo Básico} = \frac{\text{Tiempo observado} * \text{Valor del ritmo observado}}{\text{Valor del ritmo tipo}}$$

2.1.10. Tiempo estándar

El tiempo estándar para una operación dada es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación (Jijón, 2013).

La ecuación utilizada para calcular el tiempo estándar es la siguiente:

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo básico} + \text{Tiempo suplementario}$$

2.1.11. Número de observaciones

En el estudio de tiempos es de gran importancia realizar el cálculo del número de observaciones o también conocido como tamaño de la muestra para garantizar que el estudio realizado sea confiable (Nuñez, 2022).

El método aplicado en el presente análisis de caso es el planteado por el General Electric Company, porque en el proceso se observan tiempos de ciclos largos.

2.1.12. Valoración del trabajo

La valoración del trabajo o también denominada calificación del desempeño es importante, ya que es una herramienta que con la que se va a medir el tiempo de una tarea específica, estando en las más óptimas condiciones, cuidando los niveles de productividad (Niebel & Andris, 2009).

El método de valoración aplicado en el presente análisis de caso fue el sistema Westinghouse, el mismo que toma en cuenta cuatro factores a la hora de evaluar el desempeño del operario, como son: Habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

2.1.13. Suplementos y holguras

Los suplementos no son otra cosa que el tiempo que se da al operador para compensar demoras dentro de una tarea realizada (García R. , 2005). Los suplementos, según el tipo que sea se dividen en tres grupos que son:

- Por necesidades personales o asignables al trabajador
- Por fatiga, asignable al tipo de trabajo
- Especiales o no asignables

Para el cálculo de los suplementos, es necesario sumar los valores de la Organización Internacional del Trabajo que se muestran en la figura 2, según el nivel de condiciones o necesidades en las que trabajen los operadores.

figura 2

Suplementos y holguras según la Organización Internacional del Trabajo

1 SUPLEMENTOS CONSTANTES		Hombres	Mujeres
Suplementos por necesidades personales		5	7
Suplemento básico por fatiga		4	4
		9	11
2 CANTIDADES VARIABLES AÑADIDAS AL SUPLEMENTO BASICO POR FATIGA			
a)	Suplemento por trabajar de pie	2	4
b)	Suplemento por postura anormal		
	Ligeramente Incómoda	0	1
	Incómoda (inclinado)	2	3
	Muy Incómoda	7	7
c)	Levantamiento de Pesos y Uso de Fuerza		
	<i>Peso levantando o fuerza ejercida (kilos):</i>		
	2.5	0	1
	5	1	2
	7.5	2	3
	10	3	4
	12.5	4	6
	15	6	9
	17.5	8	12
	20	10	15
	22.5	12	18
	25	14	
	30	19	
	40	33	
	50	58	
d)	Intensidad de la luz		
	Ligeramente por lo debajo de lo recomendado	0	0
	Bastante por debajo	2	2
	Absolutamente Insuficiente	5	5
e)	Calidad del Aire	Hombres	Mujeres
	Buena Ventilación o aire libre	0	0
	Mala Ventilación, pero sin emanaciones tóxicas ni nocivas	5	5
	Proximidad de hornos, calderos. Etc.	5	15
f)	Tensión Visual		
	Trabajos de cierta presión	0	0
	Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
g)	Tensión Auditiva		
	Sonido continuo	0	0
	Intermitente y fuerte	2	2
	Intermitente y muy fuerte	5	5
	Estridente y fuerte	8	8
h)	Proceso bastante complejo		
	Proceso complejo o atención muy dividida	1	1
	Muy complejo	4	4
i)	Monotonía: Mental		
	Trabajo algo monótono	0	0
	Trabajo bastante monótono	1	1
	Trabajo muy monótono	4	4
j)	Monotonía: Física		
	Trabajo algo aburrido	0	0
	Trabajo aburrido	2	1
	Trabajo muy aburrido	5	2

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

2.2. Marco referencial

Las investigaciones consultadas se relacionan con el presente proyecto, a continuación se describen algunos aspectos importantes que sirvieron como soporte y guía conceptual para elaborar el presente proyecto.

(Hinojosa & Cabrera, 2022) en su artículo titulado “Impacto del Lean Manufacturing en la Productividad de las Microempresas de Guayaquil” cuyo objetivo fue generar más ingresos monetarios, tener competitividad con otras empresas logrando la diferencia de las demás y a

su vez lograr la satisfacción del cliente, concluyen que el mayor beneficio de la implementación del Lean Manufacturing es el incremento del desempeño operacional, al reducirse los costos de producción, manifiestan también que esta metodología aplicada de manera minuciosa ofrece a las microempresas generar de forma eficiente un producto de calidad, ayudando a eliminar los despilfarros y posicionando el producto en mercados globales, pero que su aplicación exige un compromiso por parte de la alta dirección y trabajadores de las empresas.

Asimismo, para (Vargas & Camero, 2021) en su investigación titulada “Aplicación del Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera” donde el objetivo general planteado fue aplicar el Lean Manufacturing (5S y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera, concluyeron que los resultados de la aplicación del Lean Manufacturing se pueden generalizar en la mejora de la productividad, el índice de ventas, el incremento de la rentabilidad y la satisfacción de los clientes, empleados y el clima laboral en la empresa manufacturera en estudio.

(Rojas & Soler, 2017) en su investigación “Lean Manufacturing: herramienta para mejorar la productividad en las empresas” aseveran que el éxito de la metodología de Lean Manufacturing está en generar una nueva cultura con tendencia a encontrar la manera de aplicar mejoras en una planta industrial, tanto a nivel de puesto de trabajo como de línea de proceso, y todo ello en contacto directo con los problemas existentes para lo cual se considera fundamental la colaboración entre directivos, mandos medios y operarios. Además, manifiestan que para poder tener éxito en la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing se debe evitar lo siguiente:

- La falta de involucramiento y convicción de los directores de que la utilización de estas herramientas dará frutos positivos a la organización.
- Falta de personas involucradas que deseen seguir con la filosofía incorporada por la empresa.
- Empleados temporales.
- Falta de motivación del personal
- Sobrecarga de trabajo
- Falta de coordinación y cooperación entre departamentos

- Falta de tiempo y dedicación en la implementación de las mejoras
- Complejidad de las herramientas implementadas
- Deficiente capacitación del personal
- Resistencia al cambio por parte del personal
- Lentitud de obtención de mejoras
- Falta de apoyo económico

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto es de tipo cuali-cuantitativo, primero se recoge información de distintas fuentes de consultas que tienen relación al tema de estudio, esto refuerza la elaboración de la fundamentación técnica (marco teórico); posteriormente se obtuvieron datos numéricos que detallan el mejoramiento de la productividad de la línea de producción de maquinarias y equipos agroindustriales, mediante la eliminación de los desperdicios según el sistema Lean Manufacturing. La información respectiva se obtuvo observando y midiendo el proceso, a través de diagrama de flujo de proceso para identificar actividades que no agregan valor desde el aprovisionamiento de los insumos hasta la entrega del producto (equipos y maquinarias) a los clientes. Además, entre la información obtenida se detalla el tiempo estándar de fabricación en la línea de producción.

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue exploratoria y descriptiva, primero se logró la comprensión de una manera más amplia sobre la metodología empleada, y así poder aplicar de forma correcta el sistema Lean Manufacturing; en segundo lugar, el análisis de caso representó la secuencia actual de la construcción de maquinarias y equipos agroindustriales en cada una de las etapas del proceso identificando el talento humano, métodos de trabajo, capacidades de producción, materiales utilizados, tiempos, etc.

3.2. Modalidades de investigación

Las modalidades de investigación que se desarrollaron fueron de campo y bibliográfica, se profundizó en el mejoramiento de la productividad de la línea de producción de maquinarias y equipos agroindustriales a través del Lean Manufacturing aplicable en el taller Agrotecnia objeto de estudio; además se estuvo en contacto directo con el proceso de fabricación, observando donde se generan los problemas, además se obtuvo la información necesaria que apoyó en el cumplimiento de los objetivos planteados en el presente análisis de caso.

3.3. Población y muestra

Para el desarrollo del presente análisis de caso, la población objeto de estudio se enfocó en los procesos de fabricación de maquinarias y equipos agroindustriales, esto definió el orden de las operaciones que se efectúan hasta obtener un producto terminado que satisfaga las

expectativas de los clientes del taller metalmecánico Agrotecnia, ya que el objetivo es mejorar la productividad de la línea de producción.

Como muestra de estudio en el presente análisis de caso se consideraron los procesos operativos, que respecto al estudio es el proceso de la línea de producción de equipos y maquinarias agroindustriales, en donde se obtuvo información sobre tiempos del ciclo, tiempo del valor agregado, número de personas, tiempo disponible para trabajar, entre otros.

3.4. Técnicas e instrumentos

Los instrumentos de recolección de información utilizados para el presente análisis de caso fueron fichas de observación del proceso de fabricación (anexo 2), flujos de procesos (anexo 3) para representar los procesos de producción y diagrama de recorrido (layout) actual y propuesto.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Diagnóstico del estado actual de la línea de producción

4.1.1.1. Observación del proceso.

La observación de las actividades que se realizan en el proceso de fabricación de cada uno de los elementos de la máquina bazuca o tornillo sin fin en la figura 3, lo observado indica que la periodicidad con la que se realizan las actividades para todos los elementos se hace frecuentemente en el 88.89% en el total de las operaciones del taller, una sola actividad (reforzado y resoldado) se observó que se realiza ocasionalmente; de la misma manera respecto a la implicación que tienen las operaciones realizadas el 88.89% requieren supervisión, solo la actividad de recepción y transporte de materiales tiene independencia total.

figura 3

Ficha de observación

 FORMATO FICHA DE OBSERVACIÓN													
Fecha de observación: 20 de enero del 2023													
Observador: Henry Terán Caisachana													
ACTIVIDADES	PERIODICIDAD					IMPLICACIÓN DEL OBSERVADO						OBSERVACIONES	
	CD	DA	F	O	N	DT	MA	AL	S	IT	PC		
Recepción y transporte de materiales			X							X			
Corte y unión de discos para tornillo sin fin			X						X				
Estiramiento de discos según estilo para tornillo sin fin			X						X				
Recorte y rolamiento de planchas para el formado de tuberías			X						X				
Fabricación de chasis tipo V con regulamiento			X						X				
Construcción de base para motor y tolva metálica de entrada			X						X				
Reforzado y resoldado				X					X				
Ensamble y pintado			X						X				
Prueba de funcionamiento			X						X				
Observaciones Generales:													
Valoraciones:													
Recomendaciones													
CD (cada día) DA (todos los días) F (frecuentemente) O (ocasionalmente) N (nunca) DT (dependencia total) MA (muchacha ayuda) AL (ayuda limitada) S (supervisión) IT (independencia total) PC (podría colaborar pero no lo hace)													

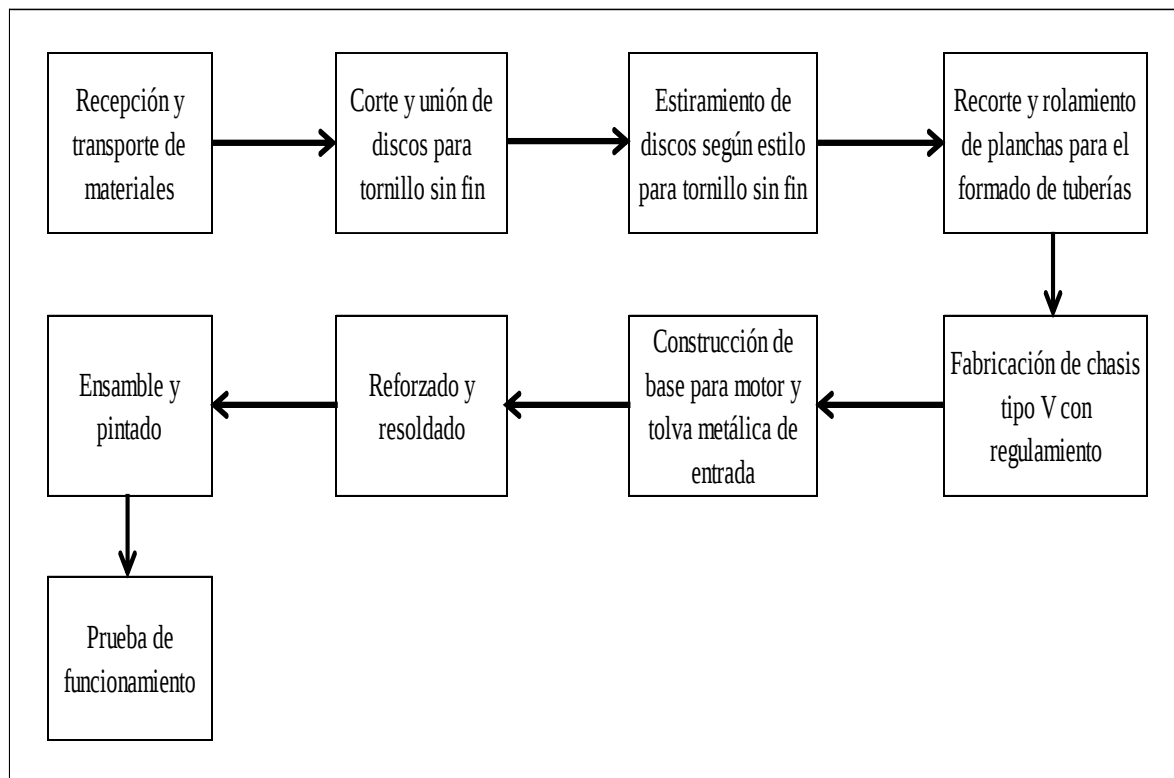
FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

4.1.1.2. Diagrama de flujo del proceso.

En la figura 4 se detalla la secuencia de las actividades que se realizan para la fabricación de la bazuca o tornillo sin fin (recepción y transporte de materiales, corte y unión de discos para tornillo sin fin, estiramiento de discos según estilo para tornillo sin fin, Recorte y rolamiento de planchas para el formado de tuberías, fabricación de chasis tipo V con regulamiento, construcción de base para motor y tolva metálica de entrada, reforzado y resoldado, ensamble y pintado y realizar prueba de funcionamiento)

Figura 4

Secuencia de actividades en fabricación de bazuca o tornillo sin fin



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

El tiempo de construcción de la máquina bazuca o tornillo sin fin por actividades fue registrado. Luego del registro de los tiempos se procedió a elaborar el diagrama de flujo del proceso, en el cual se detalla el tiempo actual que se necesita para la fabricación de la máquina bazuca, al final se suman todos los tiempos y de esta manera se obtiene el tiempo total. En la figura 5 se detalla el respectivo diagrama de flujo.

Figura 5

Diagrama de flujo de proceso máquina bazuca

 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO								
Resumen		Flujo Actual		Flujo Propuesto		Fabricación Bazuca o Tornillo Sin Fin		
		#	Tiempo (minutos)	#	Tiempo			
○	Operaciones	7	2340			Personal:		
⇒	Transportes	2	150			El diagrama empieza: Recepción de materiales		
□	Inspecciones	1	60			El diagrama termina: Prueba de funcionamiento		
D	Demoras	0	0			Elaborado por: Henry Teran		
▽	Almacenamientos	0	0			Fecha: 24/01/2023		
Total		10	2550					
Resumen								
No.	Actividad	○	⇒	□	D	▽	Tiempo (minutos)	Observaciones
1	Recepción y transporte de materiales	○	⇒	□	D	▽	120	No agrega valor
2	Corte y unión de discos para tornillo sin fin	●	⇒	□	D	▽	180	Agrega Valor
3	Estiramiento de discos según estilo para tornillo sin fin	●	⇒	□	D	▽	180	Agrega Valor
4	Recorte y rolamiento de planchas para el formado de tuberías	●	⇒	□	D	▽	240	Agrega Valor
5	Fabricación de chasis tipo V con regulamiento	●	⇒	□	D	▽	960	Agrega Valor
6	Construcción de base para motor y tolva metálica de entrada	●	⇒	□	D	▽	240	Agrega Valor
7	Reforzado y resoldado	●	⇒	□	D	▽	240	Agrega Valor
8	Ensamble y pintado	●	⇒	□	D	▽	300	Agrega Valor
9	Prueba de funcionamiento	○	⇒	□	D	▽	60	Agrega Valor
10	Transporte a bodega de producto terminado	○	⇒	□	D	▽	30	No agrega valor

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

En la figura 5 se observa que el tiempo total actual requerido para el proceso de fabricación de la bazuca o tornillo sin fin es de 2550 minutos (42 horas y 30 minutos), tiempo requerido por 7 operaciones, 2 transportes y 1 control (inspección); además se observa que dos actividades no agregan valor en el proceso, la cual representa el 5.88% del total del tiempo.

4.1.2. Cuellos de botellas en el proceso

Para identificar los cuellos de botellas que se generan en el proceso, al momento establecer el flujo de las actividades, se identificaron desperdicios que generan los cuellos de botella, es así que del total de las 10 actividades el 50% corresponden a movimientos innecesarios, por otra parte, el 20% son transportes, el 10% son reprocesos, otro 10% son las esperas en el proceso y el restante 10% corresponden sobreprocesos, según se aprecia en la figura 6.

Figura 6

Desperdicios identificados en el proceso

 DESPERDICIOS IDENTIFICADOS							
Actividad	Sobreproducción	Reprocesos	Esperas	Transportes	Movimientos Innecesarios	Inventarios	Sobre procesos
Recepción y transporte de materiales				X			
Corte y unión de discos para tornillo sin fin					X		
Estiramiento de discos según estilo para tornillo sin fin					X		
Recorte y rolamiento de planchas para el formado de tuberías					X		
Fabricación de chasis tipo V con regulamiento							X
Construcción de base para motor y tolva metálica de entrada					X		
Reforzado y resoldado		X					
Ensamble y pintado					X		
Prueba de funcionamiento			X				
Transporte a bodega de producto terminado				X			
Total	0	1	1	2	5	0	1
	0.00%	10.00%	10.00%	20.00%	50.00%	0.00%	10.00%

FUENTE: Investigación de campo

4.1.2.1. Ratios de operaciones.

Una vez identificados los desperdicios que generan cuellos de botellas en el proceso, es importante analizar los ratios de operaciones respecto al tiempo y a las actividades que se realizan, a continuación, se detallan los mismos.

▪ Ratio de operación respecto al tiempo

Se procede a realizar el cálculo del ratio de operaciones en función del tiempo del proceso, con el objetivo de obtener el porcentaje de tiempo de las actividades que agregan valor, de la misma forma se determinan las actividades que no agregan valor al proceso y de esta manera se logra minimizar desperdicios tanto de tiempo de transporte y esperas.

Tabla 1

Tiempos observados en el proceso

Actividades actuales	Tiempos actuales (minutos)	Porcentaje
Operaciones	2340	91.76%
Transportes	150	5.88%
Esperas	0	0.0%
Inspecciones	60	2.35%
Almacenamientos	0	0.0%
Total	2550	100%

$$RO = \frac{\text{Tiempo de operaciones}}{\text{Tiempo total}} \times 100$$

$$RO = \frac{2340 \text{ min}}{2550 \text{ min}} \times 100$$

$$RO = 91.76 \%$$

Calculado el ratio de las operaciones en función del tiempo, se puede manifestar que el proceso pasa en operaciones un 91.76 % del tiempo total, donde en el 50% de las mismas existen movimientos innecesarios identificados.

▪ Ratio de operación respecto a las actividades

Posteriormente se procedió a realizar el cálculo del ratio de operaciones en función al número de actividades, se relacionó el número de operaciones sobre el total de las actividades que se realizan en el proceso de construcción de la máquina bazuca o tornillo sin fin.

$$RO = \frac{\text{Número de operaciones}}{\text{Número total de actividades}} \times 100$$

$$RO = \frac{7}{10} \times 100$$

$$RO = 70.0 \%$$

El radio de operaciones en función al número de actividades obtenido demuestra que el 70.0%, de las actividades que se realiza en el proceso de fabricación de la máquina bazuca son operaciones, por lo tanto, el número de transportes e inspecciones son aquellas actividades que se deben analizar para la optimización del proceso.

4.1.2.2. *Takt time.*

Para saber el ritmo en el que cada tornillo sin fin debe ser producido y así la empresa cumpla con las exigencias de los clientes, se procedió a realizar el cálculo del tiempo takt. Con la información histórica de la demanda (tabla 2) del producto en estudio para el año 2022, se determinó el takt time (figura 7).

Tabla 2

Demanda de bazucas o tonillos sin fin 2022

Mes	Demanda (unidades)
Enero	4
Febrero	3
Marzo	4
Abril	5
Mayo	3
Junio	5
Julio	6
Agosto	3
Septiembre	4
Octubre	5
Noviembre	5
Diciembre	4

Figura 7

Takt time del proceso de fabricación de bazucas

 TAKT TIME											
Producto	Bazuca / Tornillo Sin Fin										
Descripción del producto	Transportador de vaciado o colector. Se usa para transportar productos de grano fino o grueso, como los granos y las harinas en forma vertical u horizontal										
Foto del Producto											
Demanda 2022											
Unidad	Bazucas										
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
4	3	4	5	3	5	6	3	4	5	5	4
Días laborales 22 Jornada diaria (horas) 8 Turnos 1 Descansos x turno (min) 30 Tiempo disponible 27000 seg. Demanda diaria 0.193 Demanda Promedio Mensual 4.25											
TAKT TIME 139765 seg/unidad 38.82 horas/unidad											

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Para el cálculo del takt time se consideró 22 días laborables al mes, con una jornada diaria de 8 horas, un turno de trabajo por día y con un tiempo de descanso máximo de 30 minutos por turno, el resultado del takt time actual calculado es de 139765 segundos por cada unidad (38.82 horas por unidad, esto representa el tiempo requerido para producir y cumplir con la demanda del cliente.

4.1.2.3. *Takt time vs tiempo actual de fabricación de tornillos sin fin.*

Con el resultado obtenido del Takt Time de 139765 segundos por unidad, y por otra parte el tiempo actual (2550 minutos) en la fabricación de tornillos sin fin que según el diagrama de flujo de proceso y considerando que durante todo el proceso se registra un 3% de no conformes, la producción diaria de 0.171 unidades por día en promedio con un tiempo de ciclo de 157732 segundos por unidad, en este sentido existe una brecha negativa del 6%, que significa que el tiempo o el ritmo al que el mercado hace la demanda de unidades de bazucas o tornillos sin fin es mayor al tiempo que hace falta para producir este producto, por lo que no se podría cumplir con la demanda según se detalla en la figura 8.

Figura 8

Takt time vs tiempo actual de producción

 Takt time / tiempo de ciclo estandarizado			
		Demanda Promedio	4.25
Días laborales	22	Tiempo disponible	27000 seg.
Jornada diaria (horas)	8	Demanda diaria	0.193
Turnos	1		
Descansos x turno (min)	30	TAKT TIME	139765 seg/unidad 38.82 horas/unidad
Producción (diaria)	0.176	TIEMPO DE CICLO	157732 seg/unidad 43.81 horas/unidad
% de Productos Conformes	3%		
Unidades Producidas "aptas"	0.171		
Takt Time vs. Tiempo de Ciclo		GAP (Brecha)	
Takt Time	139765	-6%	
Tiempo de Ciclo	157732		
TOTAL	297497		
		47%	
		53%	
		100%	

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

4.1.3. Mejoras en la producción de tornillos sin fin mediante el uso de herramientas Lean Manufacturing.

4.1.3.1. Asignación de herramienta Lean Manufacturing.

Para seleccionar la herramienta lead se analizaron cuatro aspectos, que a criterio del investigador son imprescindibles considerarlos, estos fueron:

- Costo
- Beneficios
- Fácil implementación
- Tiempo para implementar

- **Asignación de pesos a cada aspecto**

Para cada aspecto considerado se estableció un peso de acuerdo a lo indicado en la tabla 3, que se detalla a continuación:

Tabla 2
Pesos de los aspectos

Aspecto	Peso
Beneficios	10
Costo	9
Tiempo de la implementación	8
Facilidad de la implementación	7

- **Alternativas de las herramientas Lead Manufacturing**

En relación a lo investigado y estudiado se consideraron como principales herramientas de lead manufacturing las siguientes:

- a) SMED
- b) Estandarización
- c) TPM
- d) Kanban
- e) Kaizen
- f) 5s

- **Matriz de alternativas para decisión**

En la tabla 4 se detalla la valoración para cada alternativa de decisión, en función de los resultados que se puedan obtener con la aplicación de cada una de las herramientas de lead manufacturing consideradas:

Tabla 3
Matriz de alternativas para decisión

Alternativas	Beneficios	Costo	Tiempo para implementar	Facilidad de implementación
SMED	5	7	5	6
Estandarización	7	8	8	8
TPM	5	6	7	7
Kanban	4	5	6	6
Kaizen	6	6	6	5
5s	9	7	5	5

- **Valoración de la matriz de alternativas para decisión**

Tabla 4

Matriz valorada de alternativas para decisión

Alternativas	Beneficios	Costo	Tiempo para implementar	Facilidad de implementación	Total
SMED	50	63	40	42	195
Estandarización	70	72	64	56	262
TPM	50	54	56	49	209
Kanban	40	45	48	42	175
Kaizen	60	54	48	35	197
5s	90	63	48	35	236

En la tabla 5 se detallan las valoraciones obtenidas para cada alternativa de la herramienta de Lean Manufacturing considerada en el presente análisis de caso, según los resultados obtenidos y con mayor puntaje está la herramienta Lean Manufacturing de la estandarización con 262 puntos, en este sentido fue la herramienta a implementar para mejorar la productividad en la fabricación de tornillos sin fin en el taller metalmecánico Agrotecnia.

4.1.3.2. Estandarización del tiempo para la fabricación de tornillos sin fin.

El resultado del diagrama de flujo de proceso y la identificación de desperdicios evidencia la existencia de movimientos innecesarios que no agregan valor al proceso, por ello se propuso disminuir estos tiempos improductivos estandarizándolos a través del estudio del trabajo, y de esta manera obtener mejor eficiencia en la producción de tornillos sin fin.

- **Tiempo básico del proceso**

En las figuras 9 y 10 se detallan el estudio para obtener el tiempo básico necesario para cada uno de las actividades que se realizan para la fabricación de tornillos sin fin en el taller metalmecánico Agrotecnia. Para el número de observaciones (ciclos) por cada actividad se consideró el estándar de General Electric Company (tabla 6).

Tabla 6.
Estándar General Eléctric Company

Tiempo Ciclo (minutos)	Número de Ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00 – 5.00	15
5.00 – 10.00	10
10.00 – 20.00	8
20.00 – 40.00	5
Más de 40.00	3

Según la observación (figura 2) realizada al proceso y detallada en el diagrama de flujo de proceso (figura 4), se aprecia que los tiempos preliminares para las actividades 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 superan los 40 minutos, por tal razón para ejecutar el estudio de tiempos se establecieron realizar tres ciclos de estudio para cada actividad; solo la actividad 10 que tiene un tiempo preliminar de 30 minutos se establece realizar 5 ciclos de estudio.

Figura 9.

Estudio de tiempo básico de ciclo validado en minutos

 ESTUDIO DE TIEMPOS																	
Proceso							Fabricación Tornillo Sin Fin										
Fecha:							2/2/2023			Elaborado por:			Henry Terán Caisachana				
No.	Actividad	Ciclos - Tiempos (min)					Validacion Ciclos - Tiempos (minutos)					Tiempo total obervado (minutos)		Desviación Estándar	Límite Superior	Límite Inferior	Promedio Validado (minutos)
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	Tiempo Total Observado	Tiempo Medio del Ciclo				
1	Recepción y transporte de materiales	121.0	120.2	119.0			121.0	120.2	119.0			360.2	120.1	1.01	121.1	119.1	120.6
2	Corte y unión de discos para tornillo sin fin	181.0	180.0	180.5			181.0	180.0	180.5			541.5	180.5	0.50	181.0	180.0	180.5
3	Estiramiento de discos según estilo para tornillo sin fin	178.0	179.0	182.0			178.0	179.0	182.0			539.0	179.7	2.08	181.7	177.6	178.5
4	Recorte y rolamiento de planchas para el formado de tuberías	239.0	241.0	240.0			239.0	241.0	240.0			720.0	240.0	1.00	241.0	239.0	240.0
5	Fabricación de chasis tipo V con regulamiento	950.0	955.0	958.0			950.0	955.0	958.0			2863.0	954.3	4.04	958.4	950.3	956.5
6	Construcción de base para motor y tolva metálica de entrada	241.0	241.0	242.0			239.0	241.0	238.0			718.0	239.3	1.53	240.9	237.8	238.5
7	Reforzado y resoldado	240.0	238.0	242.0			240.0	238.0	242.0			720.0	240.0	2.00	242.0	238.0	240.0
8	Ensamble y pintado	299.0	298.0	295.0			299.0	298.0	295.0			892.0	297.3	2.08	299.4	295.3	298.5
9	Prueba de funcionamiento	59.0	60.0	59.0			59.0	60.0	59.0			178.0	59.3	0.58	59.9	58.8	59.0
10	Transporte a bodega de producto terminado	30.0	29.0	30.0	31.0	30.0	30.0	29.0	30.0	31.0	30.0	150.0	30.0	0.58	30.6	29.4	30.0

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

En la figura 9 se detalla los tiempos observados en minutos para los ciclos correspondientes considerados para cada actividad del proceso. Se procedió a calcular el total del tiempo observado y tiempo promedio por cada ciclo y actividad, posteriormente se identificó la desviación estándar, límite superior y límite inferior de los tiempos observados para validar el tiempo promedio de ciclo, la validación se realizó excluyendo los tiempos que están fuera del límite superior e inferior calculados.

Para la obtención del tiempo básico para cada actividad se consideró el método de nivelación para la valoración del ritmo de trabajo, el cual se clasifica en cuatro factores con sus respectivos criterios y calificaciones, según se detallan en la tabla 7:

Tabla 7.

Valoración ritmo de trabajo - Método de nivelación

Criterios	Factores			
	Habilidad o destreza		Esfuerzo o empeño	
A1	+ 0.15	Extrema	+ 0.13	Excesivo
A2	+ 0.13		+ 0.12	
B1	+ 0.11	Excelente	+ 0.10	Excelente
B2	+ 0.08		+ 0.08	
C1	+ 0.06	Buena	+ 0.05	Bueno
C2	+ 0.03		+ 0.02	
D	0.00	Regular	0.00	Regular
E1	- 0.05	Aceptable	- 0.04	Aceptable
E2	- 0.10		- 0.08	
F1	- 0.15	Deficiente	- 0.12	Deficiente
F2	- 0.22		- 0.17	

Criterios	Factores			
	Consistencia		Condiciones	
A	+0.04	Perfecta	+0.06	Ideales
B	+0.03	Excelente	+0.04	Excelentes
C	+0.01	Buena	+0.02	Buenas
D	0.00	Regular	0.00	Regulares
E	-0.02	Aceptable	-0.03	Aceptables
F	-0.04	Deficiente	-0.07	Deficientes

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Figura 10.

Estudio de tiempo básico valorado y nivelado

 ESTUDIO DE TIEMPOS								
Proceso			Fabricación Tornillo Sin Fin					
Fecha:			2/2/2023	Elaborado por:		Henry Terán Caisachana		
No.	Actividad	Promedio Validado (minutos)	Valoración					Tiempo básico (minutos)
			Habilidad	Esfuerzo	Consistencia	Condiciones	Total Valoración	
1	Recepción y transporte de materiales	120.6	-0.15	-0.04	-0.02	-0.03	0.76	91.7
2	Corte y unión de discos para tornillo sin fin	180.5	-0.15	-0.04	-0.02	-0.03	0.76	137.2
3	Estiramiento de discos según estilo para tornillo sin fin	178.5	-0.15	-0.04	-0.02	-0.03	0.76	135.7
4	Recorte y rolamiento de planchas para el formado de tuberías	240.0	-0.15	-0.04	-0.02	-0.03	0.76	182.4
5	Fabricación de chasis tipo V con regulamiento	956.5	-0.15	-0.02	-0.02	-0.03	0.78	746.1
6	Construcción de base para motor y tolva metálica de entrada	238.5	-0.15	-0.02	-0.02	-0.03	0.78	186.0
7	Reforzado y resoldado	240.0	-0.15	-0.02	-0.02	-0.03	0.78	187.2
8	Ensamble y pintado	298.5	-0.15	-0.02	-0.02	-0.03	0.78	232.8
9	Prueba de funcionamiento	59.0	-0.15	-0.02	-0.02	-0.03	0.78	46.0
10	Transporte a bodega de producto terminado	30.0	-0.15	-0.02	-0.02	-0.03	0.78	23.4

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

En la figura 10 se aprecia el cálculo del tiempo básico valorado y nivelado de cada una de las actividades en la fabricación de tornillos sin fin, en el mismo se consideró la valoración y nivelación del ritmo de trabajo que permitió establecer el tiempo básico respectivo para cada actividad en minutos.

▪ **Tiempo estándar del proceso**

El cálculo del tiempo estándar se realizó a partir del tiempo básico obtenido para cada actividad, además se consideró un coeficiente de descuento por el desempeño demostrado por el operario a partir de los suplementos y holguras según lo establecido por la Organización Internacional del Trabajo, la cual se detallan en la figura 11:

Figura 11.

Suplementos y holguras

 ESTUDIO DE TIEMPOS - SUPLEMENTOS Y HOLGURAS															
ACTIVIDAD	SEXO	1. Suplementos constantes		2. Cantidades variables añadidas al suplemento básico por fatiga										Total	Indice
		Necesidades personales	Por fatiga	a) Supl. por trabajar de pie	b) Supl. por postura anormal	c) Lev. de Pesos y Uso de Fuerza	d) Int. de la luz	e) Calidad del Aire	f) Tensión Visual	g) Tensión Auditiva	h) Proc. complejo	i) Monotonía: Mental	j) Monotonía: Física		
Recepción y transporte de materiales	H	5	4	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0.13	1.13
Corte y unión de discos para tornillo sin fin	H	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.12	1.12
Estiramiento de discos según estilo para tornillo sin fin	H	5	4	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0.13	1.13
Recorte y rolamiento de planchas para el formado de tuberías	H	5	4	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0.13	1.13
Fabricación de chasis tipo V con regulamiento	H	5	4	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0.13	1.13
Construcción de base para motor y tolva metálica de entrada	H	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.12	1.12
Reforzado y resoldado	H	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.12	1.12
Ensamble y pintado	H	5	4	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0.13	1.13
Prueba de funcionamiento	H	5	4	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0.13	1.13
Transporte a bodega de producto terminado	H	5	4	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0.13	1.13

FUENTE: Investigación de campo

Una vez definido los suplementos y holguras para el coeficiente de descuento de cada actividad, se procede a realizar el cálculo del tiempo estándar; para lo cual se considera el tiempo básico de cada actividad y se multiplica por el valor del suplemento y holgura determinado.

Figura 12.

Tiempo estándar

 ESTUDIO DE TIEMPO - TIEMPO ESTÁNDAR				
Actividad	Tiempo Básico (minutos)	Coeficiente de descuento	Tiempo estándar (minutos)	Tiempo estándar (horas)
Recepción y transporte de materiales	91.66	1.13	103.57	1.73
Corte y unión de discos para tornillo sin fin	137.18	1.12	153.64	2.56
Estiramiento de discos según estilo para tornillo sin fin	135.66	1.13	153.30	2.55
Recorte y rolamiento de planchas para el formado de tuberías	182.40	1.13	206.11	3.44
Fabricación de chasis tipo V con regulamiento	746.07	1.13	843.06	14.05
Construcción de base para motor y tolva metálica de entrada	186.03	1.12	208.35	3.47
Reforzado y resoldado	187.20	1.12	209.66	3.49
Ensamble y pintado	232.83	1.13	263.10	4.38
Prueba de funcionamiento	46.02	1.13	52.00	0.87
Transporte a bodega de producto terminado	23.40	1.13	26.44	0.44
TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR			2219.24	36.99

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

En la figura 12 se aprecia que, una vez calculado y estandarizado el tiempo necesario para cada actividad en la fabricación de tornillos sin fin, se obtiene un tiempo estándar total de 2219.24 minutos (36.99 horas).

▪ **Productividad mejorada**

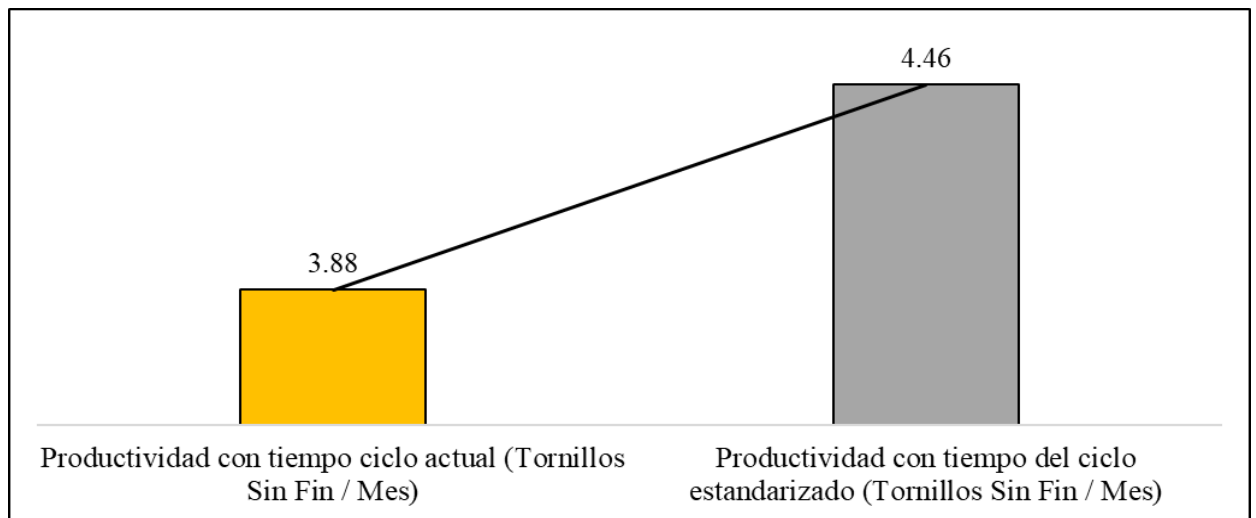
Con la estandarización del tiempo en la fabricación de tornillos sin fin que se establece en 2219.24 minutos (36,99 horas), considerando un tiempo disponible de labores en la empresa de 22 días por mes y con 7.5 horas diarias de producción se tiene 165 horas laborables por mes; en este sentido la productividad se ve aumentada de 3,88 tornillos sin fin por mes a 4,46 tornillos sin fin por mes, esto representa un aumento del 14,91%, como se muestra en la tabla 8 y figura 13.

Tabla 8.
Resumen tiempo estándar vs productividad

Descripción de elementos	Minutos	Horas
Tiempo del ciclo actual fabricación de tornillos sin fin (unidad)	2550,00	42,50
Tiempo del ciclo estandarizado de tornillos sin fin (unidad)	2219,20	36,99
Tiempo disponible laborable al mes	9900	165
Productividad con tiempo ciclo actual (Tornillos Sin Fin / Mes)		3,88
Productividad con tiempo del ciclo estandarizado (Tonillos Sin Fin / Mes)		4,46
Incremento de la productividad		14,91 %

Figura 13.

Porcentaje de incremento de la productividad



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

▪ Takt time vs tiempo de ciclo estandarizado

El tiempo de ciclo estandarizado indica que el proceso tarda 137270 segundos por unidad (38.13 horas por unidad), con una brecha positiva del 0.90% respecto del takt time que es de 139765 segundos por unidad, esto significa que el tiempo o el ritmo al que el mercado hace la demanda de tornillos sin fin es menor al tiempo que hace falta para producir este producto, por lo que se podría cumplir con la demanda, según se detalla en la figura 14.

Figura 14.

Takt time vs tiempo de ciclo estandarizado

 Takt time / tiempo de ciclo estandarizado			
		Demanda Promedio	4.25
Días laborales	22	Tiempo disponible	27000 seg.
Jornada diaria (horas)	8	Demanda diaria	0.193
Turnos	1		
Descansos x turno (min)	30		
		TAKT TIME	139765 seg/unidad 38.82 horas/unidad
Producción (diaria)	0.203	TIEMPO DE CICLO	137270 seg/unidad 38.13 horas/unidad
% de Productos Conformes	3%		
Unidades Producidas "aptas"	0.197		
Takt Time vs. Tiempo de Ciclo		GAP (Brecha)	
Takt Time	139765	0.90%	
Tiempo de Ciclo	137270		
TOTAL	277035		
		50%	
		50%	
		100%	

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

4.1.4. Hipótesis

H1: La aplicación de herramientas de Lean Manufacturing mejora la productividad en la línea de producción del taller metalmecánico Agrotecnia

HO1: La aplicación de herramientas de Lean Manufacturing no mejora la productividad en la línea de producción del taller metalmecánico Agrotecnia

Validación de la hipótesis

Para la validación de esta hipótesis se tomó en cuenta el tiempo total del ciclo en la fabricación de tornillos sin fin, en el proceso actual el tiempo del proceso es 2250 minutos, ya aplicada la propuesta de estandarización este tiempo se puede reducir a 2219,2 minutos, es así que el incremento de la producción (unidades por mes) sería del 14,91%. Por lo cual se acepta la hipótesis 1 y se rechaza la hipótesis nula HO1.

4.2. Discusión

De manera general las organizaciones que ponen en práctica la metodología Lean Manufacturing como filosofía de trabajo, se puede observar con los resultados presentados

la empresa en análisis experimenta una reducción del tiempo en el proceso que aumenta su productividad; acorde a (Vargas et. al, 2016) quienes manifiestan que con la implementación de esta herramienta las empresas optimizan su sistema de producción con disminuciones que oscilan desde un 50% al 20% en las áreas utilizadas, costos de producción, costo de inventarios, lead time y logrando con ello la mejora continua en los diferentes procesos, que conllevan al uso eficiente y eficaz de los recursos convirtiendo las empresas más competitivas.

En cuanto a la estandarización del tiempo para producir tornillos sin fin, el valor obtenido en el presente análisis de caso demuestra una mejora en la productividad del proceso, en concordancia con (Velázquez et. al, 2020) quienes en su investigación titulada *“Estandarización del proceso de confección, a través de la ingeniería de métodos, para aumentar la productividad, en una empresa del ramo textil en el estado de Puebla”* manifiestan que con la estandarización del proceso se logra reducir los tiempos de producción logrando así mayor productividad, mayor cumplimiento de la demanda, producto con mayor calidad, disminución de pérdidas por retrabajos y piezas de segunda calidad.

Asi mismo, para (Risco, 2018) en su investigación titulada *“Estandarización de procesos para mejorar la productividad en el área de abastecimiento de la Empresa Neovet S.A.C. Callao 2017”* determina que la estandarización de procesos mejora la productividad y se logró reducir el tiempo de dicho proceso en 1.20 horas, lo cual representa un aumento de la productividad del 44%, llegando alcanzar un índice de productividad del 68.8% en la empresa.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Con el diagnóstico realizado al proceso de producción de tornillos sin fin en el taller metalmecánico Agrotecnia se pudo evidenciar que del total de actividades el 88,89% de ellas requieren supervisión con respecto a la implicación del proceso. Según el diagrama de flujo del proceso existen dos actividades que pueden ser consideradas como actividades que no agregan valor al proceso y que representan el 5,88% del tiempo del ciclo observado.

La identificación de cuellos de botellas en el proceso determinó que en el 50% de las actividades se generan movimientos innecesarios, por otra parte, el 20% son transportes, el 10% son reprocesos, otro 10% son las esperas en el proceso y el restante 10% corresponden sobreprocesos. Con esta información se establece que el ratio de operaciones con respecto al tiempo es del 91,76% y con respecto a las actividades es del 70%. El takt time en la empresa es de 139765 segundos por unidad, que respecto al tiempo del ciclo observado que es de 157732 segundos por unidad genera una brecha negativa del 6%, esto significa que el tiempo o el ritmo al que el mercado hace la demanda de unidades de bazucas o tornillos sin fin es mayor al tiempo que hace falta para producir este producto, por lo que la empresa no podría cumplir con la demanda del producto.

La herramienta Lean Manufacturing analizada y seleccionada fue la estandarización, con la que se procedió a realizar un estudio de tiempos y así estandarizar el tiempo del ciclo para la producción de tornillos sin fin. Se utilizó el estándar de la general electric company para determinar el número de observaciones en el estudio, para la valoración del ritmo de trabajo se consideró el método de nivelación y para establecer el coeficiente de descuento por el desempeño del operador se utilizó el estándar de los suplementos y holguras establecido por la organización internacional del trabajo. Con la estandarización se obtuvo una reducción en el tiempo del ciclo de 2250 minutos a 2219.2 minutos, lo que influye en una mejora de la productividad de 3,88 unidades por mes a 4,46 unidades por mes, representado un incremento en la productividad del 14,91%.

5.2. Recomendaciones

La empresa AGROTECNIA debe continuar con la aplicación e implementación de otras técnicas y metodología de Lean Manufacturing y así pueda conseguir en el corto plazo minimizar y/o eliminar desperdicios que se generan en el proceso productivo, por consiguiente fortalecer de manera positiva la actitud al interior de la empresa en pro de la mejora continua.

La utilización de la técnica de la estandarización se debe aplicar en el proceso de fabricación de tornillos sin fin para conseguir que la contribución en la reducción de tiempos improductivos sea indiscutible. En este sentido para la empresa AGROTECNIA que busca constantemente reducir sus costos operacionales es la metodología ideal debido a su alcance. Es muy importante que en la implementación de herramientas Lean Manufacturing poner en conocimiento a todos los involucrados del proceso el propósito de la ejecución y resultados que se espera con ello.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- ✚ Acevedo, J., Urquiaga, A., & Gómez, M. (2001). *Gestión de la cadena de suministro*. La Habana: Laboratorio de logística y gestión de la producción.
- ✚ Aguirre, Y. (2014). *Análisis de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en las Pymes*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/54090/43975876.2015.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- ✚ Altamirano, D. (2018). *Manufactura esbelta para disminuir desperdicios en montaje de calzado cementado*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- ✚ Arango, M., Campuzano, L., & Zapata, J. (2015). Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban. *Revista de Ingenierías de la Universidad de Medellín*, 14(27), 221-234.
- ✚ Díaz del Castillo, F. (2009). *Lecturas de ingeniería: La manufactura esbelta*. Cuatitlán - México: Facultad de estudios superiores de Cuatitlán. Obtenido de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/manufactura%20esbelta.pdf
- ✚ Espín, F. (2013). Técnica SMED. Reducción del tiempo de preparación. *3ciencias*, 1-10.
- ✚ García, J., León, J., & Nuño, J. (2017). Propuesta de un modelo de medición de la competitividad mediante análisis factorial. *Contaduría y Administración*, 62, 775-791. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/cya/v62n3/0186-1042-cya-62-03-00775.pdf>.
- ✚ García, R. (2005). *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. México: Mac-Graw Hill.
- ✚ Gil, M., Sanz, P., Martín, J., & Galondo, J. (2012). Definición de una metodología para una aplicación práctica del SMED. *Técnica Industrial*(298), 46-54.
- ✚ González, P., Molina, J., León, J., & Ruiz, R. (2010). Evaluación del impacto del reprocesado en los sistemas Kanban y Conwip. *Dirección y Organización. Revista de Ingeniería de Organizaciones*(42), 46-53.
- ✚ González, R., & Jimeno, B. (mayo de 2012). *PDCA Home*. Obtenido de POKA YOKE. Diseño a prueba de errores. Qué es Poka-Yoke: <https://www.pdcahome.com/poka-yoke/>
- ✚ Hinojosa, C., & Cabrera, R. (2022). Impacto del Lean Manufacturing en la productividad de las Microempresas de Guayaquil. *Journal of Engineering sciences*, IV(9), 1-13. Obtenido de <https://revista.estudioidea.org/ojs/index.php/esci/article/view/223>
- ✚ Jijón, K. (2013). *Estudio de tiempos y movimientos para mejoramiento de los procesos de producción de la empresa Calzado Gabriel*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/4962/1/t807id.pdf>

- ✚ Jilcha, K., & Kitaw, D. (2015). Lean Philosophy for Global Competitiveness in Ethiopía Chemical. *Computer Science & Systems Biology*, 8(6), 304-321.
- ✚ Maynard, H. (2009). *Methods-Time-Measurement (MTM)*. Pensilvania: McGraw-Hill Book Company.
- ✚ Meyers, F. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos: para la manufactura ágil*. México: Pearson Educación.
- ✚ Niebel, B., & Andris, F. (2009). *Ingenierái Industrial; Métodos, estándares y diseños de trbajo*. México: Mac-Graw Hill.
- ✚ Nuñez, C. (2022). *EStudio de tiempos y movimientos para la optimización del proceso productivo de la empresa ESPLEDID SU LAVANDERÍA*. Amabato: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/35108/1/t2010id.pdf>
- ✚ Ortíz, D. (2018). *Modelo de implementación del sistema de manufactura esbelta para la optimización de los procesos de producción textil*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28326/1/Tesis_t1441mgo.pdf
- ✚ PRO-ECUADOR. (2015). *Análisis Sectorial de Metalmecánica* . Quito: Instituto de promoción de exportacione e inversones PRO-ECUADOR, ministerio de relaciones exteriores, comercio e integración. Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones.
- ✚ Risco, B. (2018). *Estandarización de procesos para mejorar la productividad en el área de abastecimiento de la Empresa Neovet S.A.C. Callao 2017*. Lima: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/23295/Risco_MBR.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ✚ Rojas, A., & Soler, V. (2017). Lean Manufacturing: Herramienta para mejorar la productividad en las empresas. *Revista 3C Empresa*, 116-124. Obtenido de <https://www.3ciencias.com/articulos/articulo/lean-manufacturing-herramienta-mejorar-la-productividad-las-empresas/>
- ✚ Salazar, B. (25 de Junio de 2019). *Ingeniería Industrial*. Obtenido de Estudio de tiempos: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/que-es-el-estudio-de-tiempos/>
- ✚ Suzuki, T. (1995). *TPM en industrias de proceso*. Madrid: Taylor & Francis.
- ✚ Syed Asad, N., Muhammad, F., Muhammad, A., Muhammad, Z., & Muhammad, S. (2016). Productivity improvement of a manufacturing. *Cogent Engineering*, 3(1).
- ✚ Valencia, J., Lambar, M., & Royo, J. (2014). Modelo Analítico para determinar lots óptimos de producción considerando diversos factores productivos y logísticos. *Dyna*, 81(184), 62-70. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496/49630405009>

- ✚ Vargas, E., & Camero, J. (2021). Aplicación del Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera. *Industrial Data*, XIV(2), 249-271. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/idata/v24n2/1810-9993-idata-24-02-249.pdf>

- ✚ Vargas, J., Muratalla, G., & Jiménez, M. (2016). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción? *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, V(17), 153-174. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215049679011.pdf>

- ✚ Velázquez, J., Fierro, M., & Chávez, J. (2020). Estandarización del proceso de confección, a través de la ingeniería de métodos, para aumentar la productividad, en una empresa del ramo textil en el estado de Puebla. *Revista de Ingeniería Industrial*, 4(13), 1-7. Obtenido de https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Industrial/vol4num13/Revista_de_Ingenieria_Industrial_V4_N13_1.pdf

- ✚ Wilches, M., Cabarcas, J., Lucuara, J., & González, R. (2013). Aplicación de herramientas de manufactura esbelta para el mejoramiento de la cadena de valor de una línea de producción de sillas para oficina. *Revista Dimensión Empresarial*, 11(1), 126-136.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1.

Análisis de selección de maquinaria

Ponderación de aspectos para tomar la decisión de selección de equipo o maquinaria

Aspectos	Ponderación
Costo del producto	10
Demanda anual	9
Tiempo proyectado para la producción	8
Cantidad de actividades que participan	7

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO**Escala de calificación para alternativas de selección de equipo o maquinaria**

Valoración cuantitativa	Valoración Cualitativa
5 puntos	Alto
4 puntos	Sobre el promedio
3 puntos	Promedio
2 puntos	Debajo del promedio
1 punto	Bajo

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Valores establecidos para cada aspecto de decisión para selección de equipo

Alternativas / Maquinarias agroindustriales que se producen	Costo del producto	Demanda anual	Tiempo proyectado para la producción	Cantidad de actividades que participan
Bazucas o tornillos sin fin	Sobre el promedio (5 puntos)	Promedio (4 puntos)	Sobre el promedio (5 puntos)	Promedio (4 puntos)
Secadoras de grano	Alto (4 puntos)	Promedio (4 puntos)	Sobre el promedio (4 puntos)	Debajo del promedio (3 puntos)
Molinos	Alto (5 puntos)	Sobre el promedio (3 puntos)	Sobre el promedio (3 puntos)	Promedio (3 puntos)
Zarandas prelimpiadoras	Alto (3 puntos)	Sobre el promedio (4 puntos)	Promedio (4 puntos)	Alto (4 puntos)
Absorbentes con tuberías metálicas	Alto (4 puntos)	Alto (3 puntos)	Sobre el promedio (3 puntos)	Promedio (3 puntos)

Resultado de la valoración de alternativas para selección de maquinaria

Alternativas / Maquinarias agroindustriales que se producen	Costo del producto	Demanda anual	Tiempo proyectado para la producción	Cantidad de actividades que participan	Total
Bazucas o tornillos sin fin	50	36	40	35	161
Secadoras de grano	40	36	32	28	136
Molinos	50	27	24	21	122
Zarandas prelimpiadoras	30	36	32	28	126
Absorbentes con tuberías metálicas	40	27	24	21	112

FUENTE: Investigación de campo

Anexo 2.

Formato ficha de observación de proceso

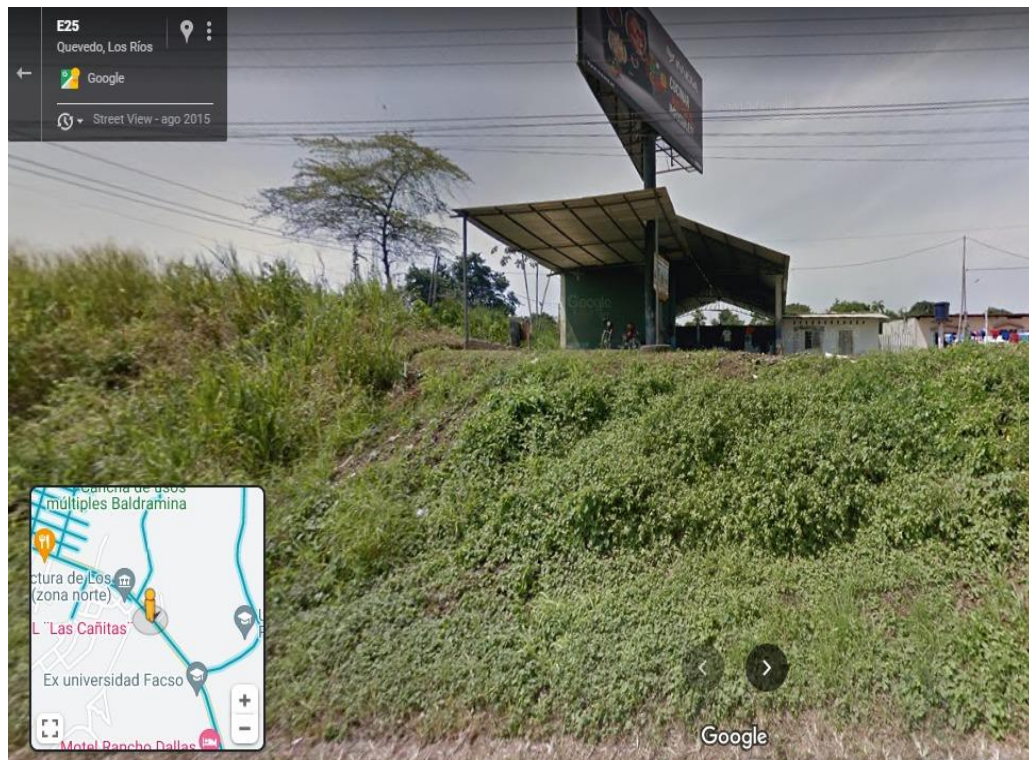
 FORMATO FICHA DE OBSERVACIÓN												
Fecha de observación: _____												
Observador: _____												
ACTIVIDADES	PERIODICIDAD					IMPLICACIÓN DEL OBSERVADO						OBSERVACIONES
	CD	DA	F	O	N	DT	MA	AL	S	IT	PC	
Observaciones Generales:												
Valoraciones:												
Recomendaciones												
CD (cada día) DA (todos los días) F (frecuentemente) O (ocasionalmente) N (nunca) DT (dependencia total) MA (muchacha ayuda) AL (ayuda limitada) S (supervisión) IT (independencia total) PC (podría colaborar pero no lo hace)												

 FORMATO PARA FLUJO DE PROCESOS								
Resumen		Flujo Actual		Flujo Propuesto		Tarea:		
		#	Tiempo	#	Tiempo			
○	Operaciones					Personal:		
➡	Transportes					El diagrama empieza:		
□	Inspecciones					El diagrama termina:		
D	Demoras					Elaborado por:		
▽	Almacenamientos					Fecha:		
Total								
Resumen								
No.	Actividad	○	➡	□	D	▽	Tiempo	Observaciones
1								
2								
3								
4								
5								

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Anexo 3.

Ubicación del taller metalmecánico Agrotecnia



Anexo 4.

Observación del proceso y toma de tiempos

