

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA EN EL PROCESO
DE FABRICACIÓN DE PALLETS DE MADERA EN
LA EMPRESA INDUSTRIAS BENABAR SA
UBICADA EN HEREDIA COSTA RICA, EN EL
PRIMER CUATRIMESTRE 2024

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR
POR EL BACHILLERATO EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL.

ESTUDIANTE: JULIO CESAR ARCE BARREDA

TUTOR: EMBA. ESTEBAN ALBERTO CARDENAS SOLORZANO

SAN ISIDRO DE HEREDIA, 2024

i. DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Julio Cesar Arce Barreda, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 801260560 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **IMPLEMENTACION DE MEJORA EN EL PROCESO DE FABRICACION DE PALLETS DE MADERA EN LA EMPRESA INDUSTRIAS BENABAR SA** **UBICADA EN HEREDIA COSTA RICA, EN EL PRIMER CUATRIMESTRE 2024**, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 11 días del mes de julio del año dos mil



Firma del estudiante

Cédula 801260560

ii. CARTA TUTOR

CARTA DEL TUTOR

12 de julio de 2024

Destinatario
Carrera
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor: w

El estudiante Julio Cesar Arce Barreada, cédula de identidad número 8-0126-0560, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado IMPLEMENTACION DE MEJORA EN EL PROCESO DE FABRICACION DE PALLETS DE MADERA EN LA EMPRESA INDUSTRIAS BENABAR SA UBICADA EN HEREDIA COSTA RICA, EN EL PRIMER CUATRIMESTRE 2024", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato en la carrera de Ingeniería industrial.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos, resultados económicos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	18
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18
	TOTAL		92

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,



EMBA, Esteban Cardenas S
Cédula identidad 110740883

iii. CARTA LECTOR

CARTA DE LECTOR

San José, 08 septiembre 2024

Universidad Hispanoamericana
Escuela de Ingeniería Industrial

Estimados señores

El estudiante **JULIO CESAR ARCE BARREDA**, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **"IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PALLETS DE MADERA EN LA EMPRESA INDUSTRIAS BENABAR SA UBICADA EN HEREDIA COSTA RICA, EN EL PRIMER CUATRIMESTRE 2024"**, el cual ha elaborado para obtener su grado de **BACHILLER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**.

He revisado las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo referente a la coherencia entre el marco teórico, análisis de datos, y la consistencia, así como, las conclusiones, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación.

Por lo tanto, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa oral pública.

MIGUEL EDUARDO Firmado digitalmente por
RODRIGUEZ MIGUEL EDUARDO
ACOSTA (FIRMA) RODRIGUEZ ACOSTA (FIRMA)
Fecha: 2024.09.08 19:07:22
-06'00'

Ing. Miguel Rodríguez Acosta
Cédula Identidad 109820603
II-31581 CFIA



iv. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 05/10/2024


Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Julio César arce Barreda con número de identificación 801260560 autor (a) del trabajo de graduación titulado implementación de mejora en el proceso de fabricación de pallets de madera en la empresa industrias Benabar SA ubicada en Heredia costa rica, en el primer cuatrimestre 2024 presentado y aprobado en el año 2024 como requisito para optar por el título de Bachillerato; (SI) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que, con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,

 801260560
Firma y Documento de Identidad

v. DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mi familia que ha sido de incondicional apoyo, a mi madre que ha luchado por darme el estudio, que valoro como el más grande tesoro, y que ha permitido llegar hasta donde estoy ahora.

Y, por último, pero no el menos importante a Dios que me ha permitido llegar con vida y me ha dado la capacidad de poder optar por una ingeniería.

vi. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi tutor Esteban Alberto Cárdenas Solorzano, por la paciencia y el entusiasmo que mostro al guiarme a través de las tutorías para entregar un proyecto que me permita optar por la graduación.

A toda mi familia por mostrar su apoyo, y por último a la empresa Industrias Benabar S.A. que me permitió presentar el proyecto basado en sus procesos.

vii. TABLA DE CONTENIDO

i. DECLARACIÓN JURADA	2
ii. CARTA TUTOR	3
iii. CARTA LECTOR	4
.....	4
iv. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	5
v. DEDICATORIA	6
vi. AGRADECIMIENTOS	7
vii. TABLA DE CONTENIDO	8
viii. ACRÓNIMOS Y SIGLAS	13
viii. RESUMEN EJECUTIVO	14
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.....	16
1.1 Descripción del proyecto	17
1.2 Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto	17
Algunos de sus productos:.....	18
1.2.1 Descripción general de la organización	19
1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa o institución	21
1.3 Planteamiento del problema	21
1.3.1 Definición y medición del problema	22
1.3.2 Justificación del proyecto	23
1.4 Objetivos del Proyecto	24
1.4.1 Objetivo General.....	24
1.4.2 Objetivos específicos.....	24
1.5 Alcances y limitaciones	25
1.5.1 Alcances.....	25
1.5.2 Limitaciones	25
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	27
2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera	28
Ingeniería Industrial.	28
Definición	28
Importancia	29
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto	31

Planificación y definición	32
Criterios de la etapa de definición	32
Diagrama de Gantt	33
Gemba Walk	33
Diagrama de flujo	34
Etapa Medir	34
Plan de recolección de datos	35
Muestreo	35
Estudio de tiempos.....	35
Porcentaje de utilización.....	37
Suplementos básicos de la OIT	37
Analizar	39
Mejorar.....	40
Controlar	41
2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto	42
Procesos Estratégicos:	42
Procesos Operativos:.....	42
Procesos de Apoyo:	43
Mejora de procesos	43
Servicio al cliente	43
Impacto a corto, mediano y largo plazo	44
2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes	44
2.4.1 Antecedentes internacionales.....	45
2.4.2 Antecedentes nacionales	47
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO	51
3.1 Metodología para la definición del problema	52
3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto	53
3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de nuevo proceso, producto o servicio	55
3.4 Metodología para la implementación del proyecto.....	56
3.5 Metodología para la verificación, control y seguimiento de resultados.....	58
CAPITULO IV: ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ.....	62
4.1 Diagnóstico de la situación actual	63

	10
Proveedor:	65
Entradas:	66
Plan de recolección de datos	73
.....	74
Premuestro para toma de tiempos	74
Demanda mensual 2024 histórico 2023	80
Diagrama de espagueti análisis de recorrido	82
Diagrama de Ishikawa	84
Método	84
Máquina	85
Material	86
Mano de obra	86
Medida	86
Conclusiones de la situación actual.....	89
CAPITULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	91
Propuesta para realizar redistribución de la materia prima	92
Prioridad de tareas de montacarguista.....	97
Procedimiento de trabajo	98
Cálculo de capacidad de producción.....	101
Plan de mantenimiento de maquinaria neumática	104
Recolección de Datos de producción semanal	106
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
Conclusiones	109
Recomendaciones.....	110
CAPITULO VII: BIBLIOGRAFIA	111
CAPITULO VIII: ANEXOS	114
Anexo 1 Pallets de tipo europeo 40”x48” Industrias Benabar S.A.	114
Anexo 2 Clavadora neumática	115
Anexo 3 Filtro regulador de presión de aire Industrias Benabar S.A.	115
Anexo 4 Sello de tratamiento térmico para exportación Industrias Benabar S.A.	116

Índice de tablas

Tabla 1. Etapa definición del problema	52
--	----

Tabla 2.	Etapa Medir Recolección de Datos	54
Tabla 3.	Etapa Análisis de Datos	55
Tabla 4.	Etapa Implementar.....	57
Tabla 5.	Etapa Controlar.....	59

Índice de Figuras

Figura 1	Pallet tipo americano.....	18
Figura 2	Pallet tipo europeo	19
Figura 3	Estructura organizativa Industrias Benabar.....	20
Figura 4	Diagrama de proceso.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 5	Croquis distribución de planta	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6	Horas extra	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7	Producción de pallets diaria	¡Error! Marcador no definido.
Figura 8	Formula método estadístico tradicional	36
Figura 9	Tabla de suplementos.....	38
	38
Figura 10	Diagrama de Gantt	61
Figura 11	Diagrama de SIPOC	64
Figura 12	Plan de recolección de datos.....	74
Figura 13	Observación de tiempos	75
Figura 14	Tiempo de ciclo actual	76
Figura 15	Suplementos y tiempo efectivo.....	77
Figura 16	Capacidad actual instalada	79
Figura 17	Demanda mensual año 2023.....	81
Figura 18	Demanda mensual 2024	81
Figura 19	Diagrama de espaguetti	82
Figura 20	Distribución de materia prima distribución actual	92
Figura 21	Distribución de materia prima	93
Figura 22	Rotulación en pulgadas	94
Figura 23	Distribución materia prima.....	95
Figura 24	Recorrido optimizado.....	96
Figura 25	Matriz de prioridad de montacarguista	97
Figura 26	Instrucciones de trabajo	100

Figura 27	Toma de tiempos mejora	101
Figura 28	Tiempo de ciclo	102
Figura 29	Capacidad de la linea1	103
Figura 30	Conexión de clavadora	104
Figura 31	Cronograma de mantenimiento	106
Figura 32	Control de producción diaria	107

vii. ACRÓNIMOS Y SIGLAS

DMAIC: Define, measure, analyze, improve and control (Definir, medir, analizar, mejorar y controlar)

KPIs: Key Performance Indicators, indicadores claves de desempeño.

OIT: Organización Internacional del Trabajo.

Hrs: horas.

Min: minutos

PSI: Libras por pulgada cuadrada.

EPP: Equipo de protección personal.

viii. RESUMEN EJECUTIVO

Arce, Julio. (2024). Implementación de mejora en el proceso de fabricación de pallets de madera en la empresa industrias Benabar SA. [Proyecto de graduación para optar por el Bachillerato en Ingeniería Industrial]. Esteban Cardenas.

El presente proyecto se va a realizar en la empresa Industrias Benabar S.A., la misma tiene 14 años de dedicarse a la fabricación de pallets de madera, embalajes y a la gestión de Residuos. Se pretende estudiar y analizar el proceso de ensamble de los pallets de madera en el departamento de producción el cual consta de 3 líneas de ensamble, con el fin de evaluar el método, los tiempos de ciclo y la demanda mensual del producto en la línea 1.

Para lograr el análisis se emplearán herramientas que se basan en la metodología DMAIC, que permite una estructura ordenada y fácil de entender; además, se propone soluciones que pretenden mejorar el problema raíz de ineficiencia en el proceso de fabricación de tarimas, la cual no cumple con el estándar de 190 pallets diarias y mantener la solución en el tiempo.

Las consecuencias que genera el problema raíz se determinan mediante la etapa definir que son horas extras, entregas tardías a los clientes, retorno de facturación atrasado y producción diaria que no cumple con la meta establecida.

Entendiendo el problema raíz se determinan las causas que lo afectan, con lo que se procede a recolectar los datos mediante las herramientas de la metodología DMAIC, y una vez recolectados se analizan, para pasar a la etapa de propuesta de soluciones, donde el objetivo principal es incrementar la productividad en un 12%.

Propuestas que inician con implementar un método de fabricación estándar, además de capacitar a los involucrados en el proceso. La segunda propuesta es mejora en la distribución de materia prima en la planta. La tercera propuesta es eliminar los recorridos innecesarios del operador de

montacargas. Y por último se propone un mantenimiento general de la maquinaria neumática se logra un incremento de un 14.4% se cumple con el objetivo satisfactoriamente.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

1.1 Descripción del proyecto

En industrias Benabar se producen pallets de madera para el comercio nacional con una demanda importante de 105.000 unidades al año, cada vez es más difícil ya que hay mucha competencia. Sus procesos y subprocesos deben de estar optimizados garantizando una productividad eficiente. En el último año cumplir con sus clientes que consumen pallets de tipo europea de medida estándar se ha complicado y han tenido que incurrir en retrasos, horas extra, tiempos de entrega fuera del tiempo pactado. El tiempo de facturación de los clientes que consumen los pallets de tipo europeo que se va a estudiar en este proyecto es de 8 días posterior a la entrega y tramite de factura.

Este proyecto pretende brindar las herramientas ingenieriles adecuadas para la mejora de la productividad en la línea de fabricación de pallets de madera de tipo europea de medida estándar basado en la metodología DMAIC siguiendo la línea de administración industrial.

1.2 Identificación de la organización en donde se realiza el proyecto

Industrias Benabar es una empresa nacional dedicada a la fabricación de pallets de madera de medida estándar y medidas especiales. Abastece una gran parte del mercado nacional, sus productos son de gran importancia ya que cumplen con la función de movilizar insumos, materia prima mediante carretillas, apiladores entre otros. Los pallets están diseñados y procesados mediante proceso térmico aplicado en una cámara de calor monitoreada por sondas que generan una lectura y datos que se grafican mediante software, además sirven de respaldo para que las empresas (clientes) puedan exportar insumos materiales y demás sin embargo la empresa no

exporta el pallet, brinda los documentos necesarios para que el cliente pueda embalar sus productos y exportarlos.

Su planta está ubicada en Santa Cecilia de San Isidro de Heredia. Costa Rica.

Algunos de sus productos:

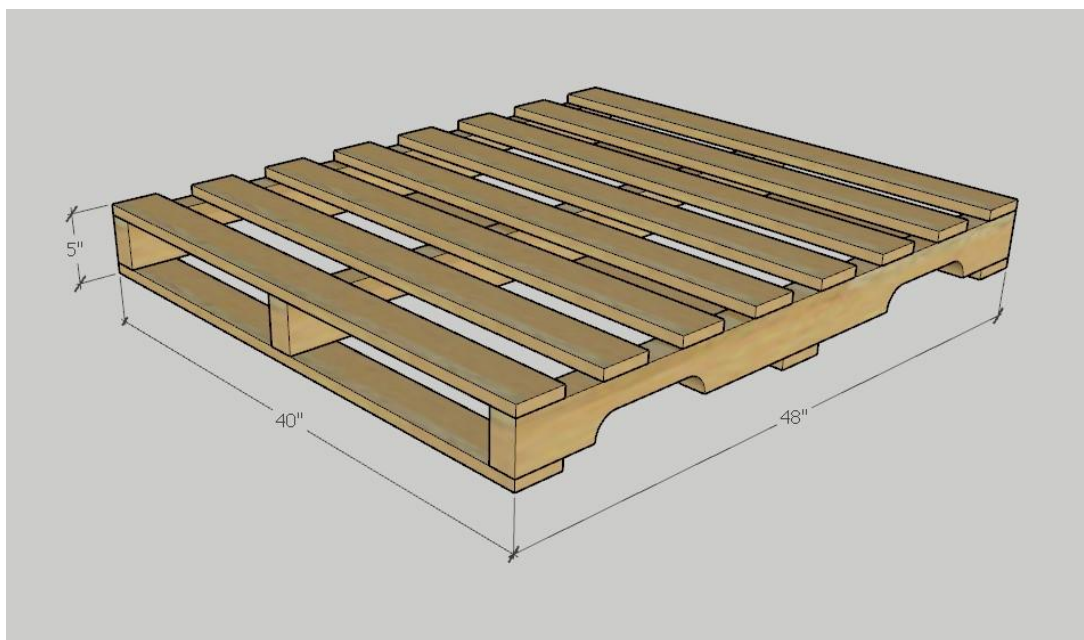
Pallet tipo americana de 40"x48"

Pallet de madera para uso general, para uso a piso, racks y estanterías, soporta una carga de 1200 kg distribuida uniformemente en condiciones normales de operación, de dos entradas para movimiento con carretilla manual, carretilla eléctrica y montacargas.

Se fabrica con varias especies de madera, algunas de ellas son el Melina, laurel, Eucalipto, Botarrama, Cebo entre otras.

Tratamiento térmico según norma NIMF15, solamente si el cliente lo solicita.

Figura 1 *Pallet tipo americano*



Fuente: Elaboración propia

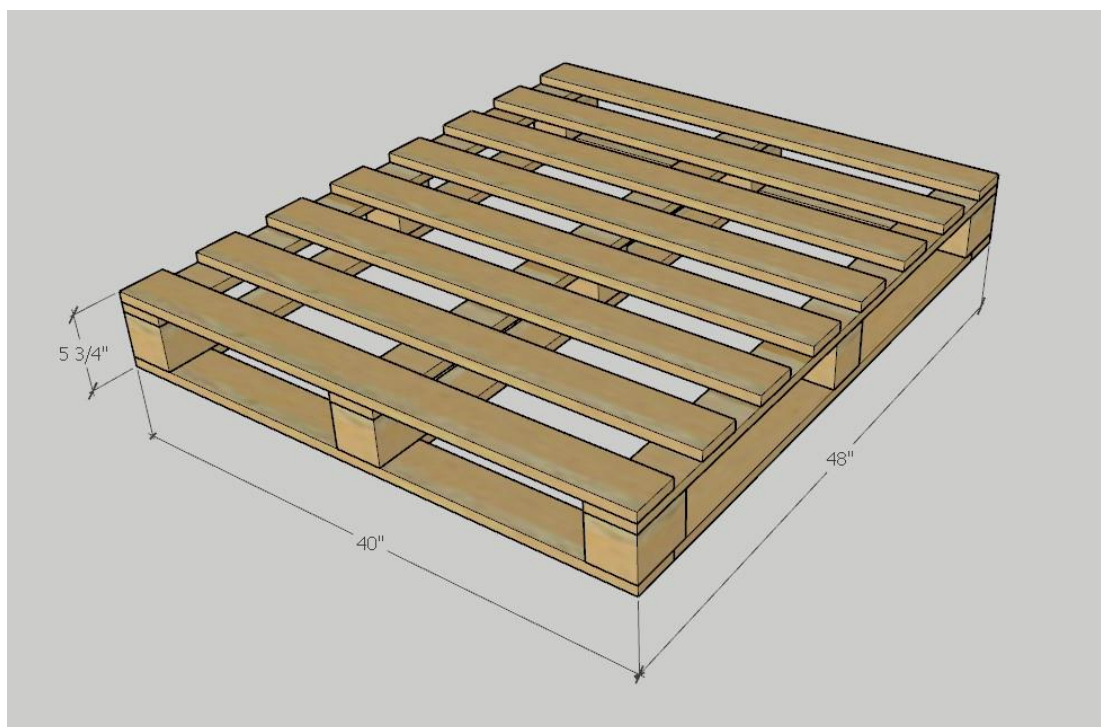
Pallet Tipo Europeo 40"x48"

Pallet de madera para uso general, para uso a piso, racks y estanterías, soporta una carga de 1000 kg distribuida uniformemente en condiciones normales de operación, de cuatro entradas para movimiento con carretilla manual, carretilla eléctrica y montacargas.

Se fabrica con varias especies de madera, algunas de ellas son: Melina, laurel, Eucalipto, Botarrama, Cebo entre otras.

Tratamiento térmico según norma NIMF15, solamente si el cliente lo solicita.

Figura 2 Pallet tipo europeo



Fuente: Elaboración propia

1.2.1 Descripción general de la organización

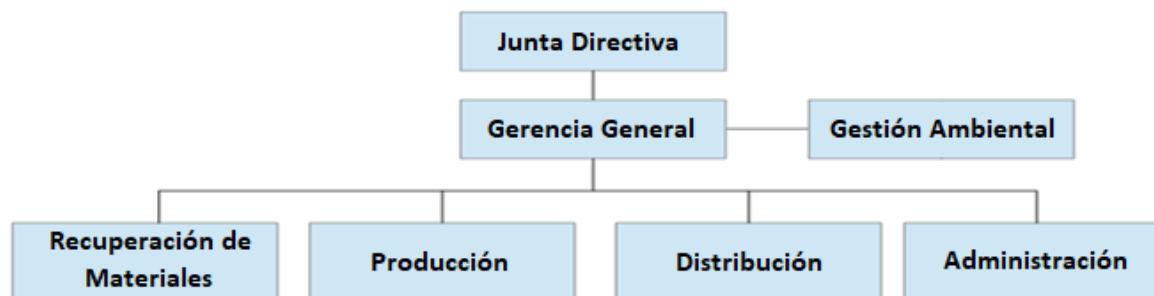
La visión de industrias Benabar es ser una empresa modelo que a través del respeto a sus valores y principios se convierta en un aliado incondicional de nuestros clientes, logrando que nuestro

personal sienta la empresa como suya, aportando productos y servicios a la comunidad donde opera que ayuden a mejorar la calidad de vida de todos.

La misión lograr que nuestros clientes satisfagan sus necesidades de sistemas de embalaje y la correcta disposición de los residuos de madera, mediante una labor de equipo buscamos la mejora continua en los procesos productivos para alcanzar calidad y servicio en todos nuestros productos, contribuyendo además de manera importante con el medio ambiente y la conservación de los recursos naturales.

Su estructura organizativa se compone de la siguiente manera, en principio su junta directiva, gerente general, gestión ambiental, recuperación de materiales, producción, distribución, administración.

Figura 3 Estructura organizativa Industrias Benabar



Fuente: Industrias Benabar

El proyecto se desarrollará en el área de producción, en la que se involucran proceso de corte, ensamble y lijado, la organización cuenta con 6 colaboradores para dichos procesos, en total de colaboradores es de 18.

1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa o institución

Inicia operaciones en el año 2008 como un taller de carpintería, en el que su dueño comenzó a fabricar pallets de madera para una empresa la cual le demandaba 1.000 unidades semanales, al darse cuenta del potencial que tenía su producto ideó la forma e inició operaciones como Industrias Benabar en el año 2010 pasando a producir 2.000 unidades por semana. A través del tiempo la empresa fue en continuo crecimiento y en el año 2014 inicio un proceso de reestructuración y reingeniería de los procesos productivos para traer más beneficios a sus clientes impactando positivamente indicadores financieros, ambientales y operativos.

En la actualidad no solo fabrica pallets de madera, sino que a través de un programa de gestión de residuos se expande e inicia la fabricación de muebles con materia prima producto de los residuos de madera, generando más empleo y una opción más económica de adquirir un mueble de madera sin sacrificar su calidad.

Abastece gran parte de la cadena de distribución nacional, empresas dedicadas a la fabricación de dispositivos médicos, fabricación de alimentos y distribuidoras de mercadería.

1.3 Planteamiento del problema

En Industrias Benabar se fabrican pallets de madera de medidas estándar 40”x48” y medida especial según requerimientos del cliente, en este presente proyecto se aborda el problema de ineficiencia en el proceso de fabricación de pallets en la línea 1, donde se ensamblan los pallets de madera de tipo europeo de 40”x48”, se estudiarán las causas que provocan dicho problema, se utilizarán las herramientas ingenieriles dentro de la metodología DMAIC y se dará la solución al problema.

1.3.1 Definición y medición del problema

En Industrias Benabar se tiene una meta de producción de 190/195 pallets en un turno de 9 horas, por mesa de trabajo que consta de 2 operarios que ensamblan, en la línea 1 que está compuesta de 2 mesas de ensamble y desde hace 6 meses no se está llegando a la meta, produciendo en un turno de 9 horas 170 pallets por mesa de trabajo, siendo la ineficiencia en el proceso de producción el problema en el departamento de producción en la línea 1 en el que se fabrica Pallets de madera de tipo europeo medida estándar de 40"x48", esto genera entregas tardías a los clientes de 1 a 2 días, además de hacer uso de horas extras para poder cumplir con la demanda, horas extra por semana 48 en total. Esto también de manera directa impacta el cobro ya que se gestiona el trámite 1 a 2 días más tarde y dependiendo del cierre de cada cliente el retorno de la facturación puede ser de hasta 8 días adicionales. No hay existencias de métricas para la entrega tardía de los clientes, no lo están midiendo.

En el proceso participan 4 colaboradores operarios que son los encargados de ensamblar los pallets, un operador de montacargas este se encarga de abastecer de materia prima a los operarios y además de retirar y almacenar el producto terminado, y un colaborador encargado de revisar mediante check list la calidad de los pallets.

Los problemas encontrados relacionados a la ineficiencia en el proceso de fabricación de pallets:

- Entregas tardías de pedidos a los clientes.
- Retorno de facturación o liquidez posterior al trámite de factura.
- Uso de horas extra para cumplir con la demanda.
- Inexistencia de métricas para control de entregas tardías a clientes.

Este proyecto se desarrollará en el primer cuatrimestre del presente año, con el fin de lograr brindar una solución a la ineficiencia en el proceso de fabricación de pallets incrementando la productividad en un 12%.

1.3.2 Justificación del proyecto

El presente proyecto va dirigido a la implementación de una solución al problema de ineficiencia en el proceso de fabricación de pallets, donde 170 tarimas es lo que están fabricando, la producción mínima es de 180 y la deseable es de 190/195, de no ser implementado significa que como se muestra en la figura 4 se pagan horas extra en todo el mes, además de no recuperar liquidez en el tiempo que se establece en los contratos con cada cliente debido a las entregas tardías.

El proyecto sirve para mejorar un proceso en el cual se presenta ineficiencia en el proceso de fabricación de tarimas, y pasar de fabricar 170 Pallets en promedio por pareja (2 operarios) en un día de 9 horas laboradas a fabricar 190 de estas por pareja en un día de 9 horas laboradas, en la línea 1 que está compuesta por 2 mesas de ensamble es decir 2 parejas de operarios.

Además de entregar en el tiempo justo a los clientes lo que trae como beneficio poder tramitar cobros y percibir el dinero de facturación en el tiempo establecido entre Benabar y el cliente.

Como aportes el proyecto tendrá una comparación entre los datos compartidos por la empresa y los datos ideales para un problema resuelto o controlado.

El proyecto brindara una solución al problema de ineficiencia en el proceso de fabricación de pallets, corrigiendo la indisposición del personal, los movimientos de la materia prima, el mantenimiento de las herramientas neumáticas, la distribución de materia prima en la planta, las entregas tardías a clientes y el uso de horas extra por incumplimiento de producción.

También es importante mencionar que el proyecto pretende fortalecer a Industrias Benabar con la solución al problema para mantenerse competente al mercado ya que la competencia es cada vez más compleja.

1.4 Objetivos del Proyecto

Este proyecto tiene como finalidad cumplir con el objetivo principal que está enfocado en la mejora del proceso de fabricación de pallets a través del cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos que se reflejan en la siguiente sección.

1.4.1 Objetivo General

Optimizar el proceso de fabricación de pallets de madera de tipo europeo para aumentar la productividad actual de 170 unidades diarias en un 12% mediante la metodología DMAIC en el presente año durante un periodo de 4 meses.

1.4.2 Objetivos específicos

- a. Identificar las causas que provocan la ineficiencia en el proceso de fabricación de los pallets.
- b. Clasificar los datos cuantitativos para el cálculo de la demanda, el tiempo estándar y la capacidad del sistema.
- c. Analizar la situación actual de la empresa.
- d. Mejorar el tiempo de ciclo para lograr un 12 % de aumento en la productividad.

- e. Controlar la metodología propuesta mediante indicadores para garantizar la sostenibilidad en el tiempo.

1.5 Alcances y limitaciones

El presente proyecto detalla el alcance y sus limitaciones, con el propósito de proporcionar una visión comprensiva de sus objetivos y las posibles barreras que se podrían enfrentar durante su implementación.

1.5.1 Alcances

La implementación de este proyecto de mejora en el proceso de fabricación de pallets de madera de industrias Benabar en el primer cuatrimestre del 2024, abarca el departamento de producción, en el que están involucrados personal colaborador directo e indirecto, materia prima y clientes finales, los beneficios para la empresa como cumplir con las entregas de producto a tiempo, ahorro en pagos de horas extra, calidad controlada.

Además de lograr que la mejora del proceso se controle y se mantenga en el tiempo mediante la metodología DMAIC.

1.5.2 Limitaciones

En Industrias Benabar no se tiene una base de datos robusta o clara por lo que para este proyecto con el uso de software se diseñó cada una de las figuras y gráficas que se presentan y que son de gran importancia para visualizar y comprender cada situación.

Este proyecto solo abarca el proceso de fabricación de pallets de madera de tipo europeo estándar de 40"x48", por lo que no se puede aplicar a cualquier otro proceso de fabricación de pallets de otras medidas o americanas sin previo estudio.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se presenta una recopilación de consideraciones teóricas, conceptos y herramientas ingenieriles que sustentan la aplicación para la solución del problema descrito anteriormente.

2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera Ingeniería Industrial.

Esta sección consiste en una síntesis producto de revisiones y lectura de conceptos provenientes de distintas fuentes para respaldar y fundamentar el presente proyecto con el fin de orientar al lector y su análisis sea más sencillo de entender.

Definición

El estudio del conjunto de tareas para ofrecer un producto o servicio, deber ir de la mano de la administración, estandarización, integración y planeación de todo el sistema, con el fin de eliminar desperdicios y aumentar la productividad.

En este sentido, Baca U (2014) hace referencia al Instituto de Ingeniería Industrial para definir Ingeniería Industrial como:

Lo concerniente con el diseño, mejoramiento e instalación de los sistemas integrados de personas, materiales, información, equipo y energía, soportado por el conocimiento especializado y la habilidad en las matemáticas, la física y las ciencias sociales que, junto con los principios y métodos de análisis de la ingeniería y el diseño, especifican, predicen y evalúan los resultados que serán obtenidos de cada uno de los sistemas de la industria.

(pág. 21)

Debido a lo anterior se van a implementar en el proyecto de estudio herramientas ingenieriles que nos permiten identificar y atacar las causas presentes en dicho proceso para atacar las causas que están afectando y mitigar las quejas de los clientes y consumidores.

Importancia

Según Gutarra Meza, (2015):

La ingeniería industrial se perfila como un excelente instrumento de acción social desde el punto de vista de ayudar a los sectores más necesitados de la población. Hace falta el diseño de empresas productivas que generen empleo con una baja inversión, que sean rentables, que utilicen materia prima nacional y que demanden tecnología producida en el país. Esta tarea es de sumo interés, ya que significa un gran reto y en ella la Ingeniería Industrial puede representar un papel importante. (pág. 41)

La ingeniería industrial es un aspecto clave en todas las empresas del mundo ya que ofrece sostenibilidad y eficacia en los procesos industriales de éstas, además de brindar una continua actualización que permite estar siempre a la vanguardia de las tendencias actuales de producción, calidad, control de inventarios y muchas otras áreas las que la ingeniería industrial es aplicable, ya que esta ingeniería tiene la singularidad de que es práctica en la totalidad de las áreas técnicas de las empresas o industrias.

Ahora bien, la productividad se ve afectada por tres variables.

- Trabajo.
- Capital.
- Gestión.

En la variable de trabajo se refiere a la mejora de la contribución a la productividad y es consecuencia tener un personal mejor formado, mejor alimentado y además sano. “Trabajo, aporta en torno al 10% del incremento anual.” (Heizer & Render, 2015, pág. 19).

La segunda variable responde a las herramientas que utilizan los seres humanos y que de antemano se debe de invertir en estas, esta inversión se llama capital, “la inversión en capital suele ser un requisito necesario, pero rara vez suficiente, en la batalla por aumentar la productividad” (Heizer & Render, 2015, pág. 19).

Y la tercera variable que afecta a la productividad es la gestión, esta es un factor de producción y además un recurso económico, actúa como responsable de conseguir que tanto el trabajo como el capital se utilicen de manera eficaz para incrementar la productividad. Con el uso del conocimiento y de la aplicación correcta de la tecnología se logra el incremento.

Este apartado también retoma los conceptos de eficiencia, eficacia y valor que son de gran importancia en la productividad. Por eficiencia se entiende que es realizar o hacer algo con el costo más bajo posible en otras palabras es producir un bien o brindar un servicio con la menor entrada de recursos.

Por otra parte, según (F. Robert & b.Chase, 2014) afirma:

Por eficacia se entiende hacer las cosas correctas para crear el mayor valor para una compañía. Con frecuencia, maximizar la eficacia y la eficiencia al mismo tiempo crea un conflicto entre ambos objetivos. Vemos este término en la vida diaria. En el mostrador de servicio a clientes en una tienda local o en un banco, ser eficiente significa el menor número posible de empleados en el mostrador, pero ser eficaz significa reducir al mínimo el tiempo que los clientes tienen que esperar en una fila. (pág. 11)

Y el valor que en palabras simples es la calidad dividida entre el precio.

2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

En este proyecto de investigación, la base como tal es la metodología DMAIC, que también se explica de manera breve para su debida interpretación.

Esta metodología es parte del programa Six sigma que propone aplicar métodos para los procesos que agregan valor para los clientes y permite desarrollar acciones o proyectos que permiten aumentar la satisfacción de este.

Six sigma es una filosofía relativamente nueva apareciendo en los años 80 del siglo XX. Esta estrategia es sistemática y bien estructurada que permite la mejora de productos y servicios cada vez más eficientes.

Según Gutiérrez Pulido & Salazar (2009):

Por otra parte, seis sigma (6σ) es una estrategia de mejora continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación; con ello, es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio. En todo momento se toma como punto de referencia a los clientes y sus necesidades. La estrategia seis sigma se apoya en una metodología fundamentada en las herramientas y el pensamiento estadístico. Asimismo, tiene tres áreas prioritarias de acción: satisfacción al cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos. (pág. 420)

Las 5 etapas de esta metodología que se abordan en este proyecto son:

1. Definir
2. Medir
3. Analizar
4. Mejorar

5. Controlar

Planificación y definición

En esta etapa se definen los objetivos generales y específicos que dan forma al proyecto, se coordina el tiempo para tomar mediciones además de observar el proceso. el objeto de estudio es la fabricación de pallets de madera de tipo europeo, en el que genera entregas tardías a los clientes.

La primera etapa. Gutiérrez Pulido & Salazar (2009) afirma:

En la etapa de definición se enfoca el proyecto, se delimita y se sientan las bases para su éxito. Por ello, al finalizar esta fase se debe tener claro el objetivo del proyecto, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen en este. (pág. 426)

Para logra una etapa inicial de definición exitosa existen criterios que siguen un orden el cual se ejecuta de la siguiente manera.

Criterios de la etapa de definición

- Se realiza un diagnóstico preliminar, en la organización se debe de conocer e identificar las áreas que requieren mejora, se definen las metas, objetivos y alcances del proyecto.
- Se debe de evaluar la percepción de los clientes, para poder obtener una respuesta acorde a sus necesidades, en temas de disponibilidad, tiempo de entrega, costo y además seguridad.
- Según el análisis realizado se selecciona los proyectos potenciales para estimar alcance y ahorros que genera cada uno.

- Caracterizar el proceso, que radica en comprender cada una de las fases o de las varias actividades que lo conforman.
- Seleccionar el líder y conformar el equipo del proyecto. Líder con capacidad y habilidad empleado de la organización, “y lo más importante es la capacidad para transmitir al equipo sus ideas, motivaciones y encausarlo hacia los resultados que la organización espera del proyecto” (Herrera Acosta & Fontalvo Herrera, s.f., pág. 9).

Las herramientas útiles en esta etapa para este proyecto son, el diagrama de Gantt, los diagramas de flujo, entrevistas.

Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt es una herramienta de planificación que muestra las actividades de un proyecto cuando inicia y cuando termina a través de una escala de tiempo, sirve para visualizar y tener control de cuando se debe de completar cada actividad. “El diagrama de Gantt muestra anticipadamente de una manera simple las fechas de terminación de las diferentes actividades del proyecto en forma de barras graficadas con respecto al tiempo en el eje horizontal” (W. Niebel & Freivalds, 2009, pág. 19).

Gemba Walk

El concepto Gemba se traduce como donde se lleva a cabo un trabajo o en el lugar de acción. Aquellas actividades que agregan valor ocurren en el gemba. “El gemba puede ser cualquier lugar de trabajo, la escena del crimen, la localización de una película o incluso un terreno de excavación arqueológica. El gemba es donde ocurre la acción y donde se pueden encontrar los hechos” (Imai, 2014, pág. 13).

Entonces el concepto de gemba walk se refiere a la caminata que se realiza en el lugar de trabajo o cualquier lugar donde se realicen actividades, dentro de los objetivos está el observar, identificar problemas, interactuar con los involucrados en el proceso o actividad.

Diagrama de flujo

Describe el flujo de un proceso, utilizado en diversos campos para documentar, estudiar, planificar, mejorar y enseñar procesos que pueden ser complejos en diagramas claros y fácil de interpretar.

Según W. Niebel & Freivalds, (2009) afirma:

Esta herramienta de flujo facilita la eliminación o reducción de los costos ocultos de un componente. Puesto que el diagrama de flujo muestra claramente todos los transportes, retrasos y almacenamientos, la información que ofrece puede dar como consecuencia una reducción en la cantidad y la duración de estos elementos. (pág. 28)

Etapa Medir

Teniendo claro los objetivos y el problema raíz, se debe de recolectar los datos necesarios para obtener los mejores resultados, para esto nos apoyaremos en diferentes indicadores KPIs, diagramas de flujo, lluvias de ideas, entre otras herramientas acordes.

Determinar las variables que afectan el desempeño de la organización en el proceso de estudio, las herramientas a utilizar se deben de definir en esta etapa.

Según Morgan & Breing-Jones, (2012) en su libro:

Conocer el rendimiento actual de tu proceso es esencial; este conocimiento se convierte en tu línea de base. Pero también es útil saber lo que ha sucedido en el pasado. Mide lo que es importante para el cliente y recuerda también medir lo que el cliente percibe. Recopilar esta información puede ayudar a enfocar tus esfuerzos de mejora y evitar que te desvíes en la dirección incorrecta. (pág. 65)

Plan de recolección de datos

Esta herramienta permite la recolección de datos de una manera detallada organizada y sistemática, se asegura que los datos sean relevantes, completos para el desarrollo de un proyecto o estudio.

Muestreo

El objetivo principal de un muestreo es calcular una variable o medida de atributos para cierta característica de calidad de la muestra.

Según Carro Paz & Gonzáles Gómez afirma:

Un plan de muestreo proporciona más o menos el mismo grado de protección que obtenemos con una inspección completa. En el plan de muestreo se especifican el tamaño de la muestra-cantidad determinada de observaciones de los productos del proceso seleccionados al azar. (pág. 7)

Estudio de tiempos

Es necesario realizar un estudio de tiempos para medir un problema en cuestión, de suma importancia en el análisis de productividad, capacidad. Brinda información acerca de cuánto tiempo requiere o se necesita para completar una tarea o bien un proceso.

El concepto según Baca U, (2014)

El estudio de tiempos es la técnica básica (y principal) de la MT. Su objetivo es registrar los tiempos de ejecución de las actividades de los empleados, observándolas directamente y usando un instrumento de medición del tiempo (por lo general cronómetro, aunque también se utiliza el video y el cronógrafo), evaluando el desempeño y comparando estos resultados con normas establecidas. (pág. 187)

Los objetivos del estudio de tiempos es establecer tiempo estándar, mejorar la eficiencia operativa, evaluar el desempeño individual grupal, o de proceso. Para un estudio de tiempos es necesario establecer un tamaño de muestra, por ejemplo, con el método estadístico tradicional que la fórmula es:

n = Tamaño de la muestra que se desea calcular

n' = Numero de observaciones preliminares

Σ = Suma de valores

x = Valor de las observaciones

40 = Constante para un nivel de confianza de 94.45%

Figura 4 **Formula método estadístico tradicional**

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Fuente: Estudio de tiempos. Tomado de slideplayer.es

Porcentaje de utilización

Este concepto es la medida de eficiencia con la que se están utilizando los recursos en un sistema o proceso, importante para la medición de capacidad, brinda una visión clara de opciones de mejora en el sistema o proceso. “La utilización de la capacidad instalada hace referencia al porcentaje de la capacidad instalada de un sector industrial que se encuentra en uso” (Mundaca, Saldarriaga, & Virreira, 2019, pág. 19).

Suplementos básicos de la OIT

La OIT por sus siglas la Organización Internacional del Trabajo, proporciona una serie de normas y directrices como suplementos que son parte de la implementación de políticas laborales de prácticas justas y seguras a nivel mundial.

Por eso establece una serie de suplementos por necesidades básicas que amparan al trabajador ante la organización a la que labora y lo provee de protección contra abusos por cargas laborales exhaustivas.

Estos suplementos son:

1. Suplementos constantes, para hombres y mujeres
2. Suplementos variables, para hombres y mujeres

Figura 5 *Tabla de suplementos*

Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los Tiempos Básicos¹

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES

	Hombres	Mujeres
A. Suplemento por necesidades personales	5	7
B. Suplemento base por fatiga	4	4

2. SUPLEMENTOS VARIABLES

	Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4			
B. Suplemento por postura anormal				45	
Ligeramente incómoda	0	1			
Incómoda (inclinado)	2	3			
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7			
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)					
Peso levantado [kg]					
2,5	0	1			
5	1	2			
10	3	4			
25	9	20			
35,5	22	máx			
D. Mala iluminación					
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0			
Bastante por debajo	2	2			
Absolutamente insuficiente	5	5			
E. Condiciones atmosféricas					
Índice de enfriamiento Kata					
16	0				
8	10				
			F. Concentración intensa		
			Trabajos de cierta precisión	0	0
			Trabajos precisos o fatigosos	2	2
			Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
			G. Ruido		
			Continuo	0	0
			Intermitente y fuerte	2	2
			Intermitente y muy fuerte	5	5
			Estridente y fuerte		
			H. Tensión mental		
			Proceso bastante complejo	1	1
			Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
			Muy complejo	8	8
			I. Monotonía		
			Trabajo algo monótono	0	0
			Trabajo bastante monótono	1	1
			Trabajo muy monótono	4	4
			J. Tedio		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo bastante aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

¹ Introducción al Estudio del trabajo – segunda edición, OIT. **Ejemplo sin valor normativo**



Analizar

En la etapa anterior se recolectan los datos que nos permiten medir el proceso, estos datos pasan a la etapa de análisis donde se debe de comprobar cuál es la causa del mal funcionamiento del proceso, para esto el proyecto se puede apoyar en muestreos o datos otorgados por la empresa.

“En esta etapa es donde se identifican y confirman las causas, además se entiende como generan el problema” (Gutiérrez Pulido & Salazar, 2009, pág. 428).

Algunas de las herramientas que se utilizan en esta etapa son:

- Diagrama de Ishikawa, donde se muestra el problema raíz y sus causas a través de categorías relacionadas a la mano de obra, el método, materia prima, medio ambiente, medición y máquina.
- Gráficos de control, los cuales muestran la estabilidad de un proceso en el tiempo y permiten observar variaciones fuera de lo común.
- SIPOC, esta herramienta permite mapear y entender el proceso en estudio de Industrias Benabar, desde lo que entra hasta lo que sale del proceso, incluye proveedores, insumos, proceso, salidas y clientes.
- Diagrama de espagueti, mediante esta herramienta se representa la distribución de planta, el recorrido y flujo del proceso, y mediante trazos se mapea todos los recorridos que incluye personas, movimiento de materiales o bien información. Pretende mostrar los movimientos y recorridos del montacargas en el proceso de ensamble de pallets.

Mejorar

El mismo autor afirma que el “objetivo de esta etapa es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz; es decir, asegurarse de que se corrige o reduce el problema” (Gutiérrez Pulido & Salazar, 2009, pág. 429).

En esta etapa se busca generar las posibles soluciones al problema detectado e implementar lo más conveniente. Para este proyecto el alcance es meramente de recomendación a la empresa en que se desarrolla no obstante si la empresa lo considera se puede implementar. Además, esta etapa es crucial para optimizar el proceso y reducir de manera efectiva la variabilidad.

Las herramientas utilizadas en esta etapa son las siguientes:

- Diagrama de flujo mejorado, si es necesario se mapea el diagrama de flujo existente de la empresa en estudio y se rediseña en función a mejorar el proceso, optimizarlo y que sea más eficiente.
- Gráficos de control, también utilizados en la etapa de análisis, estos gráficos de control permiten monitorear el desempeño del proceso antes y después de implementar las mejoras.
- Layout, palabra en inglés que significa o que puede interpretarse como plan para plasmar y representar en un plano las áreas que componen una planta, por ejemplo, área de materia prima, almacén, departamento de producción, sirve para observar la distribución, los recorridos y movimientos que involucran a un proceso o actividad. “Layout se refiere a la distribución física de un área de trabajo” (Baca U, 2014, pág. 183).

Controlar

Se debe de establecer un plan de controles que garanticen que la mejora alcanzara el nivel de resultado deseado, para esto de ser necesario se deben de desarrollar o de implementar KPIs acordes a la mejora, para lo cual contamos con herramientas descritas en este proyecto como los diagramas de flujo, diagrama de Ishikawa, SIPOC entre otros. también un método para lograr gestionar estos indicadores, para darles mantenimiento.

Se debe establecer un sistema de control para:

- Prevenir que los problemas encontrados en el proceso no se repitan.
- Garantizar que las mejoras y conocimientos obtenidos no se olviden.
- Mantener el proceso eficiente.
- Promover la mejora continua.

En esta etapa se busca que las mejoras se mantengan en el tiempo es decir se vuelvan permanentes, por tanto, requiere de compromiso y de adaptación, de toda la estructura jerárquica de la organización. “Ultima etapa de DMAMC en donde se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas (controlar las X vitales) se cierra el proyecto” (Gutiérrez Pulido & Salazar, 2009, pág. 430).

También para lograr una etapa de control ordenada se deben de tomar tres acciones:

- Estandarización del proceso.
- Documentar el plan de control.
- Monitorear el proceso.

2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto

En esta sección se abordan conceptos que brindan una guía hacia el impacto del proyecto con el fin de orientar a través de la metodología utilizada.

La definición de proceso según Juan Bravo Carrasco en su libro “Proceso es un conjunto de actividades e interacciones que transforma entradas en salidas que agregan valor a los clientes, la finalidad común” (Carrasco Bravo, 2009, pág. 26).

Por las entradas y salidas se entiende que además de información es el flujo físico de productos y servicios.

Dentro de una organización existen tres tipos de procesos:

Procesos Estratégicos:

- Son los procesos que definen el rumbo y las directrices generales de la organización.
- Están orientados a la toma de decisiones a largo plazo, como la planificación estratégica, el desarrollo de políticas, y la definición de la misión, visión, y objetivos de la empresa.
- Ejemplos: desarrollo de estrategias corporativas, gestión de la cartera de proyectos, evaluación de oportunidades de mercado.

Procesos Operativos:

- Son los procesos que se encargan de la producción de bienes o servicios que ofrece la empresa.
- Están directamente relacionados con la creación de valor para el cliente final y representan el núcleo de la actividad de la organización.
- Ejemplos: fabricación, ventas, servicio al cliente, distribución, y control de calidad.

Procesos de Apoyo:

- Son los procesos que proporcionan los recursos, infraestructura y soporte necesarios para que los procesos estratégicos y operativos funcionen de manera eficiente.
- No generan valor directamente para el cliente, pero son esenciales para el funcionamiento de la empresa.
- Ejemplos: gestión de recursos humanos, finanzas, tecnología de la información, compras y mantenimiento.

Mejora de procesos

Cada día se busca como mejorar lo que se hace con el fin de avanzar y perfeccionar. Cuando existe una buena cultura de implementación en las organizaciones es más sencillo lograrlo.

Mejorar los procesos significa practicar la comparación de los procesos con las mejores prácticas del medio para aprender y mejorar. “La mejora de los procesos exige la descripción previa de los procesos, por lo tanto, es una línea de trabajo que se complementa con lo anterior (describir los procesos)” (Carrasco Bravo, 2009, pág. 46).

Servicio al cliente

Servicio al cliente es el conjunto de acciones, actividades y procesos diseñados para ayudar, asesorar y atender a los clientes en todas las etapas de su interacción con una empresa. Este servicio busca garantizar la satisfacción del cliente, resolver inquietudes, y fomentar una relación positiva y duradera entre la empresa y sus clientes.

Según Tschohl (1997):

El servicio es la energía y la fuerza que necesita toda organización solo para mantenerse donde esta, en lugar de comenzar a perder posiciones. Con el servicio, las empresas pueden comenzar un rápido ascenso hacia más altos niveles de beneficios, generando más impulso en la medida en que avanza hacia esa meta. (pág. 47)

Impacto a corto, mediano y largo plazo

La definición de impacto son los cambios positivos y negativos producidos directa o indirectamente, como resultado de un programa o proyecto.

El impacto a corto plazo de un proyecto es aquel que se desea alcanzar los resultados de inmediato o dentro de un lapso corto, el impacto a mediano plazo se centra más en la sostenibilidad de los resultados y por ultimo los resultados a largo plazo se orientan de manera gradual y suelen ser más profundos y sostenibles.

El impacto a corto plazo son aquellos objetivos que se desean alcanzar en un periodo o plazo de 3 a 6 meses.

Los objetivos alcanzables en un impacto de mediano plazo se proyectan de 12 a 24 meses visto como un tiempo moderado.

El impacto a largo plazo se planifica en un periodo visto a los próximos 5 años.

2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes

En temas de productividad o mejoramiento de procesos se han realizado estudios e investigaciones que son experiencias semejantes a este proyecto y que, además; reflejan el impacto al terminar de implementar el mismo.

2.4.1 Antecedentes internacionales

Aguirre Leño, Cobos Palacios, & Trelles Veliz, (2019). Diagnóstico y recomendaciones al proceso de producción de pallets especiales en una pyme manufacturera de madera utilizando un enfoque de procesos y lean manufacturing.

La investigación aborda la importancia de gestionar los procesos de valor en pymes peruanas para asegurar la productividad y generar ventajas competitivas. Se centra en una pyme manufacturera de madera, proponiendo un análisis del proceso de producción de pallets especiales complejos y utilizando herramientas como lean manufacturing para optimizarlo.

El estudio empleó diagramas (flujograma, DAP, SIPOC, Ishikawa, VSM) para diagnosticar y mejorar el proceso. Las recomendaciones incluyen: reducción del 97.8% de demoras, implementación de un flujo de producción continuo, reducción del tiempo de producción de 6 a 5 días, aumento de la capacidad de pedidos y ventas, y un margen de ganancia mayor.

Además del impacto económico, se busca fomentar una cultura de mejora continua, optimizando procesos, reduciendo tiempos y fortaleciendo la relación con clientes y proveedores.

La investigación destaca la gestión de procesos de valor en pymes peruanas como clave para mejorar productividad y competitividad. Se enfoca en optimizar el proceso de producción de una pyme de madera utilizando herramientas de lean manufacturing.

Las recomendaciones incluyen reducir demoras en un 97.8%, implementar un flujo continuo de producción, disminuir el tiempo de producción de pallets de 6 a 5 días, aumentar la capacidad de pedidos y ventas en un 20%, y mejorar el margen de ganancias en un 26%. Además, se busca fomentar una cultura de mejora continua para optimizar procesos, reducir tiempos y fortalecer relaciones con clientes y proveedores.

En conclusión, este proyecto realiza un estudio e implementa las herramientas adecuadas para lograr con satisfacción el objetivo de mejora que aproximadamente realiza un incremento del 20% en las ventas y, además la reducción de costos que permiten generar un mayor margen de 26% más que el inicial.

Acevedo Garcia, (2020). Propuesta de mejora en el proceso productivo de la empresa Acritel S.A.

Esta investigación propone mejorar el proceso productivo de la empresa ACRITEL S.A. mediante la reducción de desperdicios en sus actividades, aplicando conocimientos de Ingeniería Industrial. Se realizó un diagnóstico inicial utilizando un diagrama de flujo para identificar el estado actual del proceso y se emplearon los diagramas de Pareto e Ishikawa para identificar los principales problemas.

Tras analizar las causas de desperdicio de materia prima, se propusieron tres metodologías de mejora: la filosofía Kaizen, la disciplina 5S y el ciclo Deming. Se diseñó una propuesta de estandarización con un nuevo diagrama de flujo que, al ser implementado, permitirá a la empresa reducir desperdicios y mejorar el control del proceso de producción.

Palabras clave: Estandarización, mejoramiento, proceso, Kaizen, 5S, producción.

Tras el estudio de buenas prácticas en la industria litográfica, el análisis de procesos productivos en ACRITEL S.A., y la adopción de metodologías de calidad, se concluyó lo siguiente:

- El 86% de los desperdicios provienen del mal manejo de materia prima y un inadecuado almacenamiento.
- El orden y la limpieza en el lugar de trabajo son cruciales para eliminar material particulado y mejorar la producción.
- La metodología Kaizen es adecuada para la empresa, permitiendo reducir significativamente los desperdicios.

- Aplicar correctamente Kaizen puede reducir hasta un 80% de los desperdicios en la producción.
- La capacitación continua no solo mejora los procesos actuales, sino también facilita la adaptación de nuevos empleados a buenas prácticas laborales.

2.4.2 Antecedentes nacionales

Morera Solís, (2021). Implementación de una mejora para aumentar el nivel de productividad en el proceso de llamadas del departamento de servicio al cliente en la empresa de Aerocasillas S.A., durante el tercer cuatrimestre del año 2020.

El proyecto tiene como objetivo evaluar y mejorar el desempeño del Departamento de Servicio al Cliente de Aerocasillas S.A., una empresa con más de 40 años de trayectoria. Se analizará la calidad de las llamadas y la satisfacción del cliente a través de encuestas y pruebas internas. El estudio identificará deficiencias en el proceso de atención, como el aumento de llamadas entrantes, el incremento de llamadas abandonadas y un nivel de servicio inferior al esperado.

Para abordar estos problemas, se proponen varias soluciones:

Implementación de WhatsApp: Usar esta herramienta para reducir los costos de llamadas telefónicas y mejorar la eficiencia en la comunicación con los clientes.

Cambio de Supervisor: Reemplazar al actual supervisor para asegurar una mejor gestión del equipo y un servicio de calidad.

Revisión de Inspecciones de Calidad: Ajustar los criterios de evaluación en las inspecciones para que los agentes mejoren el nivel de servicio prestado.

El objetivo final es cumplir con las metas establecidas y mejorar la eficiencia y la satisfacción del cliente en el departamento.

(Mendez Murillo, 2021) En conclusión, el proyecto revela que la atención al cliente de Aerocasillas S.A. es deficiente debido a la falta de capacitación de los colaboradores y problemas en el servicio, lo que ha llevado a la pérdida de clientes a favor de la competencia. Las estrategias actuales no están bien alineadas con las necesidades del entorno y de los clientes. El estudio de las necesidades de los clientes y la evolución del servicio al cliente son cruciales, especialmente dado que la competencia está avanzando en el mercado digital. La empresa necesita replantear y sistematizar sus procesos para mejorar la atención y solucionar problemas actuales.

El análisis económico del proyecto indica que es viable, con un Valor Actual Neto (VAN) positivo de \$7.387 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 57,11%, superior a la Tasa Mínima Aceptable de Retorno (TMAR) del 20%. Esto confirma que la inversión es rentable.

La implementación de WhatsApp ha demostrado ser efectiva, con un aumento significativo en la productividad y la calidad del servicio en comparación con la atención telefónica. En noviembre, la productividad combinada de ambos canales alcanzó el 97,7%, mostrando que WhatsApp puede mejorar significativamente el servicio al cliente.

Las compañías necesitan mejorar continuamente sus procesos para ser competitivas, y el avance tecnológico, como el Robotic Process Automation (RPA), juega un papel clave al simplificar procesos y reducir costos. Dado que la formación en RPA no es ampliamente cubierta en la carrera de Ingeniería Industrial, esta tesis se propone como una guía inicial para los ingenieros industriales, estableciendo un marco para implementar proyectos de RPA. La investigación se basa en entrevistas con expertos, encuestas a profesionales y estudiantes, y documentación existente. La propuesta está organizada en cinco etapas sistemáticas que ayudarán a los ingenieros industriales y a sus equipos a implementar proyectos de RPA de manera efectiva.

Además, la tesis incluye una tabla RACI para definir responsabilidades claras en cada etapa del proceso.

A partir de la investigación y encuestas realizadas, se concluye lo siguiente sobre el impacto del Robotic Process Automation (RPA) en la mejora de procesos y su relevancia en la Ingeniería Industrial:

1. **Impacto Positivo del RPA:** RPA mejora los procesos al reducir el tiempo de procesamiento de tareas digitales, eliminar errores humanos, disminuir la fatiga de tareas repetitivas y reducir el número de empleados necesarios. Esto lleva a un cumplimiento más efectivo de los estándares de la empresa, mayor satisfacción del cliente, y permite que el personal se enfoque en tareas más críticas, como la toma de decisiones.
2. **Falta de Guía para Ingenieros Industriales:** No existe documentación específica para que los ingenieros industriales comprendan su papel en proyectos de RPA. Esta tesis llena ese vacío, proporcionando una guía para liderar proyectos de RPA eficientemente y estableciendo roles claros mediante una tabla RACI.
3. **Conocimiento del RPA:** Aunque los ingenieros industriales conocen el concepto de RPA, carecen de documentación oficial que explique cómo manejar su implementación. Esta tesis proporciona dicha documentación, combinando metodologías probadas (como el ciclo de Deming y las 5 S) con conocimientos sobre RPA obtenidos de la investigación y la experiencia profesional.
4. **Segregación de Responsabilidades:** La tabla RACI define claramente las responsabilidades de los profesionales, evitando que realicen tareas para las que no están capacitados. Esto asegura que cada profesional contribuya en su área de especialización, aumenta la fiabilidad del proyecto y previene problemas legales relacionados con el ejercicio indebido de la profesión.

En resumen, la tesis ofrece un marco de trabajo que guía a los ingenieros industriales en la implementación de RPA, estableciendo una documentación oficial que resalta el impacto del RPA en la mejora de procesos y la importancia de la participación de los ingenieros en estos proyectos.

Por último, en la empresa Industrias Benabar S.A. no existen evidencias o antecedentes de proyectos similares.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 Metodología para la definición del problema

La identificación del problema que se planteó en este escrito fue mediante una reunión-entrevista con el fundador de la empresa quien en su función de gerente general expone el problema y además la necesidad de mejorar el proceso de fabricación de pallets de tipo europeo. Mediante una observación directa en el proceso se elaboró un diagrama de flujo (ver figura N°8), que muestra el flujo del proceso que se realizó para obtener el producto terminado en este caso pallets de tipo europeo, además mediante un gemba walk se observó a los colaboradores, se les consulta las tareas que realizan y además se mapea la distribución de planta donde se observa el almacenamiento de la materia prima, las líneas de trabajo, movimiento de montacargas.

Al obtener información mediante lo mencionado en el párrafo anterior se usó el diagrama de Ishikawa que permitió identificar el problema raíz, además; se encontró cada una de sus causas utilizando las 6M, con el fin de evidenciar mejoras en cada etapa del proceso, y por ende se constata que estas herramientas hacen que la metodología DMAIC sea la vía más atinada para la definición del problema.

Tabla 1. Etapa definición del problema

Objetivo específico	Actividades	Herramienta	Descripción	Plazos	Responsable
Identificar las causas que provocan la ineficiencia	Lluvia de ideas	Cuaderno y lápiz	Escribir palabras que conduzcan a la definición del problema	1/2/2024 a 17/2/2024	Julio Arce B

en el	Definir	Diagrama de	
proceso de	fechas de	Gantt	Elaborar
fabricación	entregables		cronograma
de pallets			Cuestionario
	Entrevista al	Cuestionario	con el fin de
	gerente y	formulario en	encontrar
	operarios	forms	posible
			problema
			Realizar
	Acercamiento		recorrido en
	al proceso	Gemba Walk	el
			departamento
			de producción

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto

Luego de conocer el proceso y observar las tareas que se realizaron para llegar al producto final se debe de realizar la medición y el respaldo cualitativo del proyecto, por lo que es necesario medir los tiempos de procesamiento con el fin de obtener el tiempo requerido para el ensamble de un pallet de madera de tipo europeo. La cantidad producida por día en una jornada de 8 horas en la línea 1 es de 170 pallets en promedio por mesa de ensamble.

Por lo tanto, se realizó una toma de tiempos para la línea 1 en tiempo real, donde se evidencia el tiempo total laborado en una jornada completa para los colaboradores en estudio

También se solicitó el control diario de cantidad de pallets de tipo europeo producida durante el mes de enero para registrar los datos de productividad.

Se le solicita a Industrias Benabar la demanda de este tipo de pallet para el mes de febrero y el mes de marzo, con el fin de conocer si la capacidad instalada en la línea 1 es suficiente para atender la demanda mensual.

Como en el proceso en estudio está involucrado un operador de montacargas, se realizó un diagrama de espagueti para conocer el recorrido y movimientos que genera el proceso.

Tabla 2. Etapa Medir Recolección de Datos

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsable
Clasificar los datos cuantitativos para el cálculo de la demanda, tiempo estándar y la capacidad del sistema	Toma de tiempos	Plantilla en Excel	Realizar muestra de 25 datos		
	Registro de datos de producción	Hoja de uso diario de Industrias Benabar	Llevan control diario de la producción por línea en una hoja	29/2/2024 a 21/4/2024	Julio Arce
	Registro de demanda para el mes de enero, febrero y marzo y año 2023	Hoja de cálculo en Excel	Se realiza un histórico de ventas de los dos meses para generar la demanda.		
Dibujo diagrama de espagueti	AutoCAD	Se diseña la distribución de planta y los recorridos			

Fuente: Elaboración Propia

3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de nuevo proceso, producto o servicio

Utilizando la metodología DMAIC partiendo de que es un ciclo de mejora a partir de datos que pretende brindar ayuda a las organizaciones en temas de medición y mejora de rendimiento. Esta metodología seguida de las herramientas que se describen en este enunciado proporciona una propuesta de solución al problema descrito en este proyecto.

A continuación, para analizar la primera herramienta utilizada es el diagrama de flujo que muestra todo el proceso para obtener pallets de tipo europeo que es el objeto de estudio.

Además, para poder visualizar los movimientos, recorridos y distribución de materia prima se realiza un diagrama de espagueti.

Al conocer la demanda mensual mediante los históricos de ventas presentados, pero con confidencialidad, se analiza la capacidad instalada para los pallets de tipo europeo, la utilización de los recursos y las mejoras que se pueden aplicar con el fin de alcanzar y cumplir con la demanda requerida.

También se realiza un diagrama de Ishikawa donde se mapea la causa raíz del problema y lo que causa el problema por categoría mediante las 6M, con el fin de encontrar y generar propuestas efectivas.

Tabla 3. *Etapa Análisis de Datos*

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsable
					Julio Arce

				Conocer el flujo del proceso.	
	Análisis del proceso	del	Diagrama de flujo Diagrama de espagueti	Identificar recorridos y distribución de materia prima.	
Analizar la situación actual de la empresa	Revisión de históricos de demanda	de	Excel, análisis de capacidad	Reconocer porque no se logra cumplir con la demanda	22/4/2024 a 25/5/2024
	Análisis del problema raíz	del	Diagrama de Ishikawa	Identificar el problema raíz y las causas que no permiten cumplir con la demanda	

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Metodología para la implementación del proyecto

En esta etapa de implementación para este proyecto de graduación, basados en la metodología DMAIC, se procede a abordar la implementación de mejora en el departamento de producción de pallets de madera en la empresa Industrias Benabar S.A.

Inicialmente se propone un método de trabajo estandarizado, con el objetivo de realizar las tareas de manera más eficiente, para lo cual se procede a crear el procedimiento detallado de las tareas que están involucradas en el proceso de fabricación de pallets de madera.

Seguido se propone mejorar el tiempo de ciclo y ajustarlo a la demanda mensual de manera que se pueda lograr el incremento del 12 % en la producción diaria de los pallets.

Otra de las mejoras que se propone en este trabajo es un layout para la planta específicamente en la distribución de la materia prima para la fabricación de los pallets.

La implementación de KPIs para medir el desempeño individual y grupal es parte de las mejoras que se proponen es este proyecto que además es de suma importancia para lograr el objetivo principal de mejora en la productividad.

Y por último se propone un mantenimiento preventivo para la maquinaria neumática utilizada en el proceso de fabricación de los pallets de madera, mantenimiento que no implicara un costo por compra de repuestos ya que no es el objetivo del mantenimiento.

Los involucrados para la implementación del proyecto son los que participan directamente en el departamento de producción que compete a el supervisor de línea y el jefe de operaciones, los cuales deben de desempeñar el rol de supervisión y de medir mediante registros el impacto de la propuesta que se describe en este proyecto, y de proponer mejora en caso de observar alguna.

Para lograr implementar la propuesta de este proyecto y contar con una planificación adecuada en el tiempo se apoyará en la herramienta diagrama de Gantt, de manera que se establecerán fechas de ejecución y así poder cumplir con los resultados entregables.

Tabla 4. Etapa Implementar

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsable
----------------------------	--------------------	---------------------	--------------------	---------------	--------------------

Mejorar el tiempo de ciclo para lograr un 12% de aumento en la productividad	Planeación de Diagrama de Gantt	Establecer fechas para el cumplimiento de cada etapa	27/5/2024 a 28/6/2024	Julio Arce
--	---------------------------------	--	-----------------------	------------

Fuente: Elaboración Propia

3.5 Metodología para la verificación, control y seguimiento de resultados

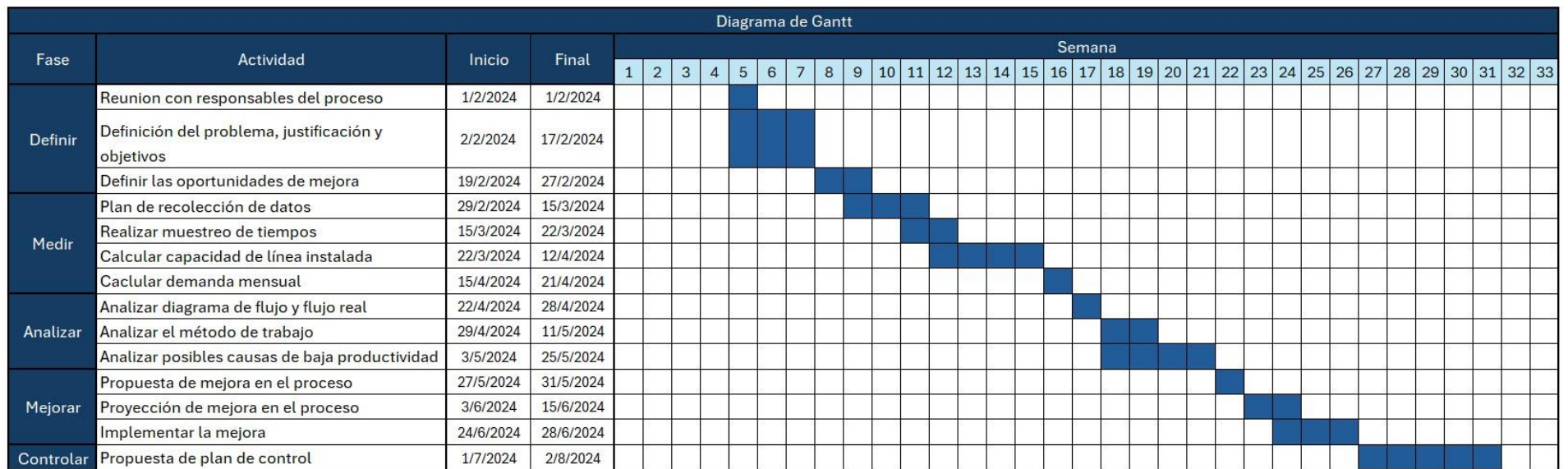
Para poder verificar la puesta en marcha de las mejoras implementadas en este proyecto se realizó mediante comparación de la situación actual y la puesta en marcha de las mejoras con el fin de observar la mejora deseada en el objetivo de este proyecto, incrementar la productividad en un 12%. De manera que al saber cuántos pallets se ensamblan por hora mediante los registros diarios que utiliza la empresa se puede comparar con lo proyectado en la propuesta de incremento de productividad, el método utilizado para medir es el de observación con cronómetro para calcular tiempo de ciclo y capacidad de producción, además de conocer el tiempo efectivo en un turno de 9 horas.

Las herramientas utilizadas para la comparación de los resultados son los gráficos, el diagrama de espagueti, donde se puede observar el comportamiento actual y el de la mejora propuesta, y también se puede observar recorridos y distribución de planta actual comparado a la propuesta en este proyecto.

También se debe crear un sistema de control para mantener las mejoras en el tiempo, donde se asigna responsables del seguimiento según sus funciones en el proceso descrito en este proyecto, esto para tener control de las variables. Lo que conduce a la capacitación del personal a cargo o

Para contar con una planificación ordenada y adecuada para este proyecto se realiza el diagrama de Gantt que se muestra en la figura siguiente, donde se ubica la fecha de inicio y final de cada etapa con sus respectivas actividades.

Figura 6 *Diagrama de Gantt*



Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

4.1 Diagnóstico de la situación actual

En este capítulo se realiza y se presenta el diagnóstico de la situación actual, con el fin de proporcionar una visión clara y detallada del estado, presenta e identifica los problemas y permite observar las áreas de mejora que se plasmaran en el siguiente capítulo. Sirve de base para tomar las decisiones y acciones que correspondan a la mejora propuesta en este proyecto. Se apoya en las distintas herramientas descritas en los capítulos anteriores, con datos e información real para mayor comprensión. Los datos son proporcionados por industrias Benabar bajo confidencialidad por lo que es posible que no se mencionen nombres de clientes o de personas involucradas en el proceso, proveedores

Para entrar en contexto se presenta un diagrama de SIPOC que muestra los involucrados, las entradas y salidas del proceso de fabricación de los pallets de madera de tipo europeo.

Figura 7 Diagrama de SIPOC

S	I	P	O	C
Proveedor	Entrada	Actividad	Salida	Cliente
Proveedor de madera Proveedor de clavos Proveedor de electricidad Proveedor de abrasivos Proveedor de maquinaria	Madera aserrada, corte a medida aproximada Clavos en rollo ESPH Lijas de diferentes granos Herramienta neumática y de corte	1.Llegada de materia prima (madera). 2. Corte a medida. 3.Se coloca 3 soportes en mesa. 4.Se coloca las tablas de la parte superior. 5.Se procede a fijar. 6.Se gira el Pallet. 7.Doblado de clavos 8.Colocación de tablas parte inferior. 9.Se procede a fijar. 10.Inspección (Calidad). 11. Lijado. 12.Inspeccion (Calidad). 13. Despacho.	Pallets de madera de tipo europeo estándar 40"x48"	Industria médica (dispositivos médicos) Industria manufacturera de alimentos Agroindustria

Fuente: Elaboración propia

Para la fabricación de los pallets de madera de tipo europeo estándar de 40"x48" se requiere según muestra el diagrama de SIPOC.

Proveedor:

Actualmente tienen dos proveedores de madera nacionales que le entregan materia prima con un cumplimiento bastante eficiente ya que la madera requiere de un proceso de secado el cual según la especie de esta puede tardar entre 15 y 30 días (secado al aire libre o natural) para iniciar el proceso de corte hasta llegar al producto entregable, los controles para la materia prima son estrictos.

También se abastecen de clavos especiales en rollo que utilizan las clavadoras neumáticas a través de dos proveedores a nivel nacional lo que les permite tener una pronta respuesta a los pedidos que solicitan y por ende según sus informes manejan el suficiente stock para atender la demanda mensual.

La empresa se desarrolla en una región donde no es habitual la afectación por corte o racionamiento del servicio eléctrico, esto les ha permitido cumplir con sus labores sin requerir alguna planta generadora de electricidad por combustible.

Los abrasivos e insumos para el acabado de los pallets que en este caso el procedimiento es de lijado para eliminar astillas y algunas imperfecciones propias de la madera, cuentan con tres proveedores que a lo largo les han brindado un excelente servicio según sus evaluaciones internas.

Por último, cuentan con un solo proveedor de maquinaria neumática lo cual si mencionan que en algunos casos los pedidos de máquinas se han retrasado o incluso los precios de estos se inflan por escasez.

Entradas:

La madera proveniente de aserradero llega en un estado de humedad bastante alto superior al 60% de humedad interna por lo que requiere de un proceso de secado que tarda entre 15 y 30 días según la especie, luego de que cumple con este requisito y se encuentra en un 16% de humedad la madera esta lista para pasar al departamento de corte donde se corta a la medida según especificaciones de los pallets.

Actualmente los clavos que se utilizan son rollos de 300 clavos, las clavadoras utilizan 1 rollo a la vez y se fabrican un promedio de 3,5 pallets por rollo.

La electricidad la provee la ESPH necesaria día a día para todos los procesos y funcionamiento de la fábrica.

Los pallets requieren de un proceso de lijado el cual se realiza con abrasivos de distintos granos según especificaciones del pallet o requerimiento del cliente.

La herramienta neumática se utiliza para el ensamble de los pallets de manera semiautomática, estas se accionan contra la madera para que expulse el clavo, estas máquinas permiten agilizar el proceso de ensamble y además de garantizar calidad al ensamblar, por otro lado, las máquinas de corte y de lijado necesarias en el proceso en la parte de anexos se presentan imágenes con fines ilustrativos.

El proceso o procedimiento esta descrito en el diagrama anterior, en salidas se obtiene el producto en cuestión, pallets de madera de tipo europeo estándar de 40"x48".

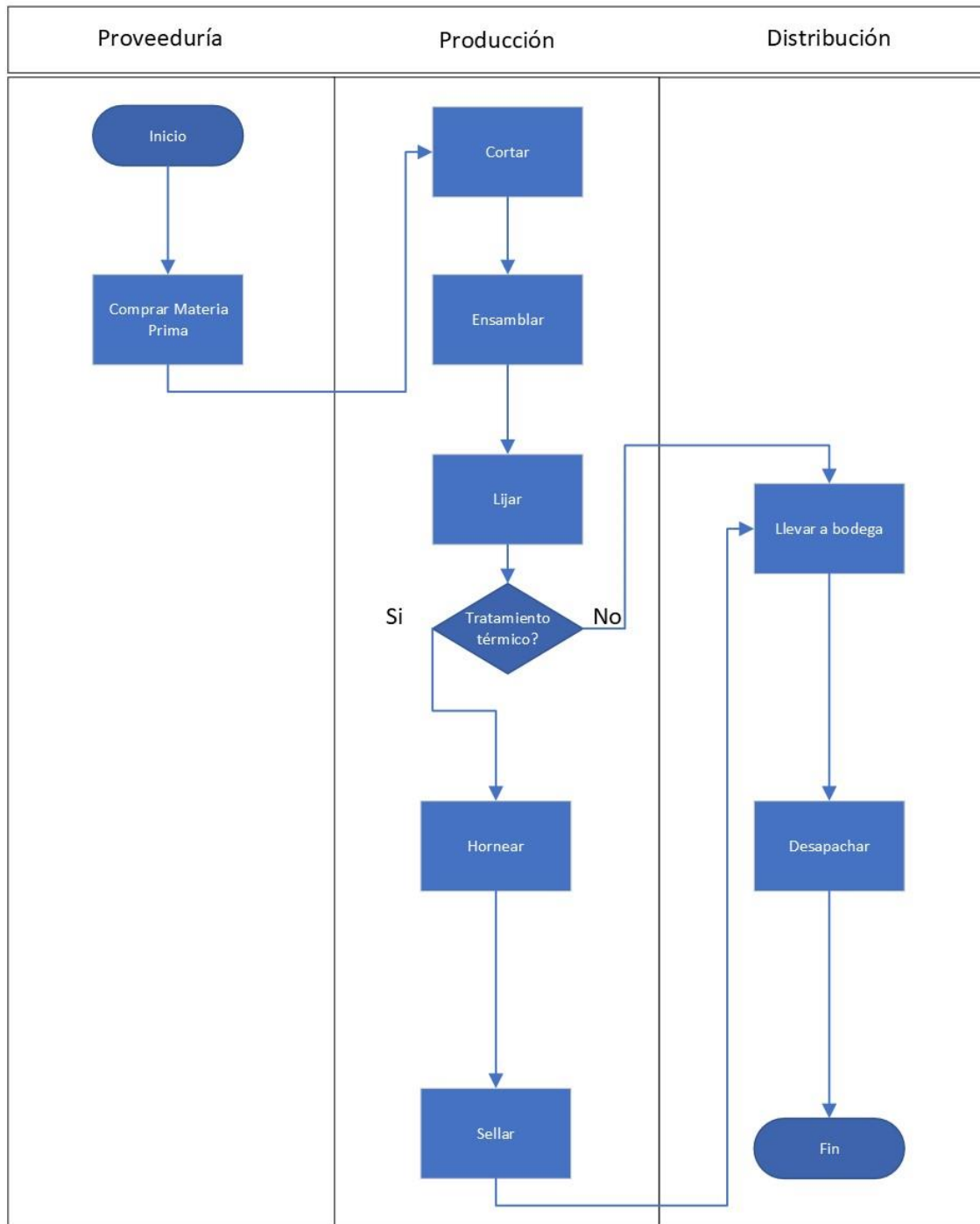
Clientes: Actualmente abastecen gran parte del mercado nacional, siendo la industria médica, la industria manufacturera de alimentos y la agropecuaria los principales consumidores de los

pallets que salen del proceso de gran importancia en el proceso de traslado y almacenaje de los productos.

En el siguiente diagrama de flujo se puede observar el proceso en general.

Figura 8 Diagrama de proceso

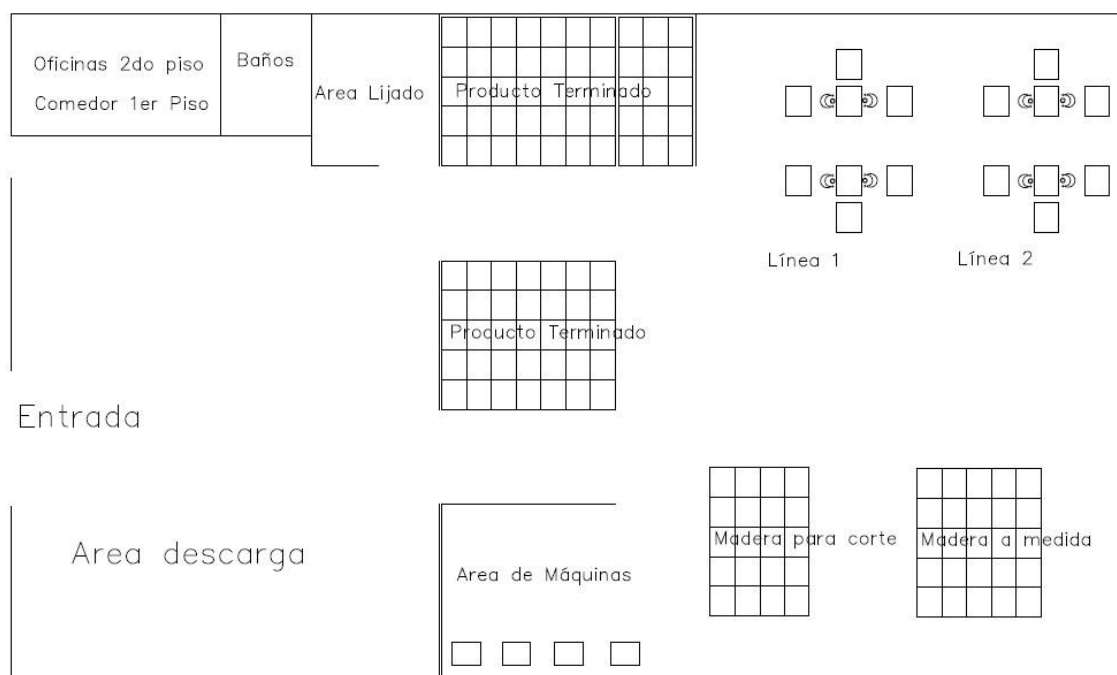
Diagrama General del Proceso Industrias Benabar SA



Fuente: Elaboración propia

Se brindan servicios de fabricación de pallets de madera estándar y medida especial, sistemas de embalaje, logística de transporte, además de la gestión de residuos de madera. El proceso inicia con la llegada de la materia prima desde aserraderos a bodega, la madera se pasa al área de corte donde ajustan la medida según el producto a fabricar, posterior pasa a las líneas de ensamble para luego pasar al cuarto de lijado, después de lijados los pallets dependiendo del destino final (cliente) se procede a guardar en bodega o bien a pasar por tratamiento térmico para finalmente entregar al cliente.

Figura 9 *Layout planta Industrias Benabar*

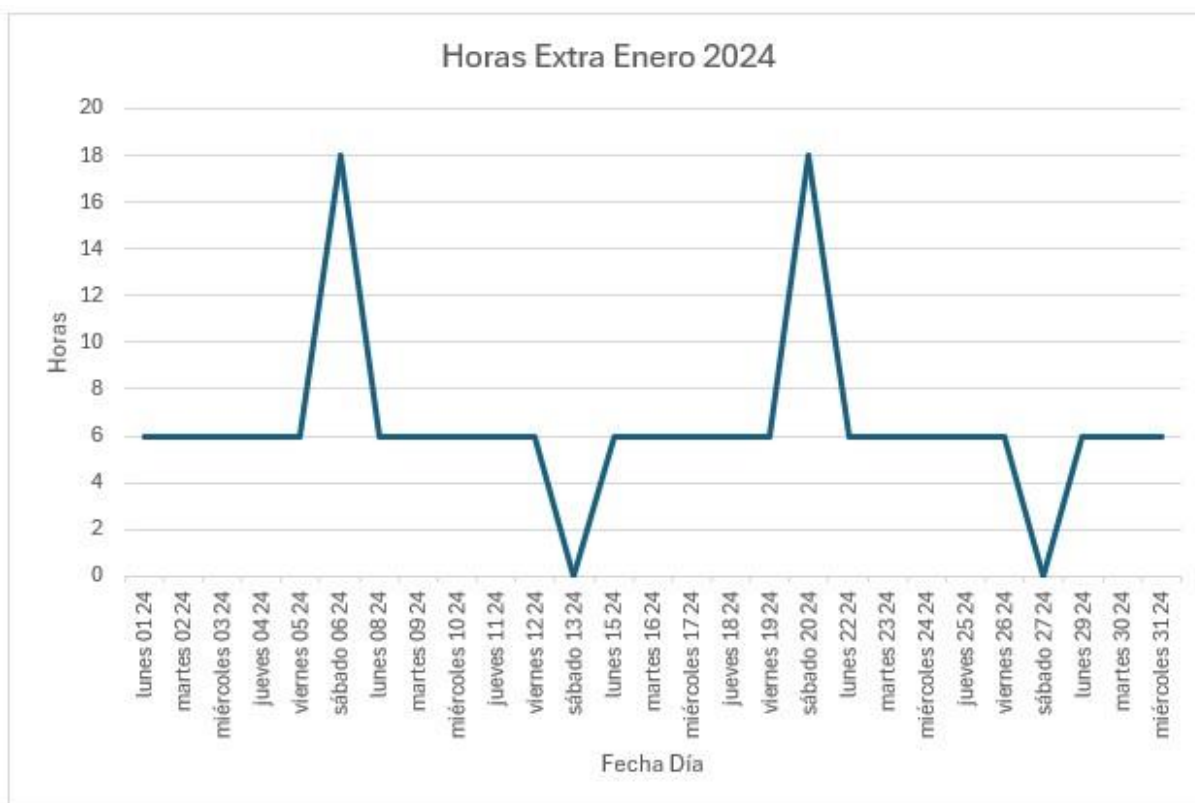


Fuente: Elaboración propia

La planta está compuesta por el área de descarga y carga donde se realizan las tareas de descarga y carga, además cuenta con comedor, oficina, baños, un área de lijado donde se lleva a cabo el proceso de acabado final de los pallets mediante abrasivos, luego como se puede observar está el área de producto terminado, el área de máquinas donde sucede todo lo relacionado con corte a medida y alistado para el siguiente proceso de ensamble que se realiza en el departamento de producción el cual cuenta con dos líneas de ensamble y por último se tiene los espacios donde se almacenan la materia prima para corte y la materia prima cortada a medida.

A continuación, se presenta una gráfica de horas extra en el mes de enero.

Figura 10 *Horas extra*

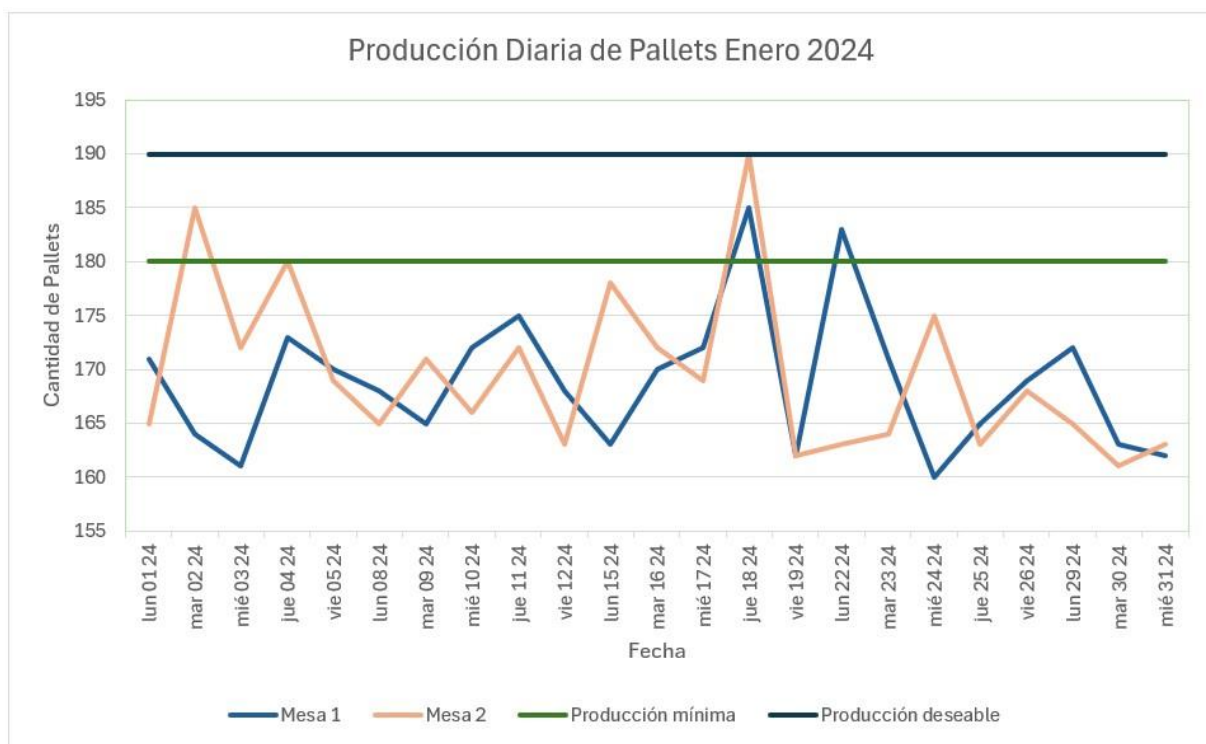


Fuente: *Elaboración propia*

Como muestra el grafico y según los datos otorgados por la compañía la empresa inicia enero con 1 hora extra diaria de lunes a viernes por colaborador y los sábados un total de 3 horas diarias por colaborador, teniendo en cuenta que el día 13 de enero y 27 de enero laboraron en horario normal.

En el siguiente grafico se muestra la producción diaria del mes de enero 2024

Figura 11 Producción de pallets diaria



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la gráfica de control la producción diaria es muy variable según el encargado de producción la meta mínima a producir es de 180, la máxima es de 200 y la deseable es 190/195 pallets por jornada diaria de 9 horas esta cantidad es la óptima para no incurrir en horas extra; sin embargo, los valores recolectados demuestran que los operarios están por debajo

de la producción mínima, los únicos dos días que logran pasar la producción mínima son el 18 y 22 de enero, aun así no alcanzan la producción deseable que es de 190 unidades.

Plan de recolección de datos

Para poder recopilar los datos necesarios para medir la situación actual se diseñó una plantilla la cual permite seguir un orden y además cumplir en tiempos reales la recolección de datos que se requieren en este proyecto y que evidencian el problema raíz. Para obtener los registros necesarios se utilizó el método de observación, el cronometro del smartphone anotando el tiempo de observación en una plantilla para posterior analizarlos esto en el departamento de producción en la línea 1 donde se ensamblan los pallets de madera de tipo europeo y que además participan 4 operarios, en 2 mesas de ensamble, un colaborador encargado del conteo y registro de cantidades diarias y del chequeo de calidad y por ultimo un montacarguista que se encarga de los traslados de la materia prima y producto terminado.

La secuencia conduce a entender cuántos pallets se produce a diario en una jornada laboral de 9 horas, el tiempo efectivo diario promedio, cuantos pallets se producen en una hora y además cuanto tiempo requiere un solo pallet.

También en esta parte se refleja la demanda mensual que se calcula en base a las ventas del mes de enero y febrero del presente año y se compara con ventas del año anterior con el fin de conocer si aumento, decreció o bien se mantiene constante; además, de conocer si la capacidad instalada es la deseable o bien requiere de ajustes como balance de línea.

En la figura 12 plan de recolección de datos se presenta de manera grafica el orden a seguir.

Figura 12 *Plan de recolección de datos*

Plan de recolección de datos						
Pregunta	Tipo de dato	Descripción	Dónde	Cómo	Responsable	Fecha
¿Cuanto tiempo requiere la fabricación de un pallet?	Tiempo de ciclo	El tiempo de ciclo actual se toma en sitio en la línea 1	Departamento de producción línea 1	Con el uso de cronometro y plantilla de tiempos	Julio Arce Barreda	15/3/2024
¿Cuánto Producen diario?	Capacidad de línea	La producción diaria no es suficiente para cumplir la demanda	Departamento de producción línea 1	Mediante observación y con el uso de hoja de control de producción	Julio Arce Barreda	22/3/2024
¿Cuál es la demanda mensual?	Demanda mensual	La demanda mensual resultante de los historicos de ventas	Departamento administrativo	Mediante registro en excel de historicos de ventas	Julio Arce Barreda	15/4/2024

Fuente: Elaboración propia

Premuestro para toma de tiempos

Los datos generados y mostrados por la empresa garantizan que, en el proceso de ensamble de pallets, los procesos de corte y de lijado están debidamente controlados de manera que demuestran que el cuello de botella se genera en el ensamble de pallets ya que en un turno de 9 horas la capacidad de corte es de 500 pallets y la capacidad del sistema en el proceso de lijado en un turno de 9 horas es de 480 pallets. Por lo que para este muestreo se tomara en cuenta únicamente el proceso de ensamble.

Para realizar el muestreo de los tiempos de ciclo en la línea 1 es necesario realizar un premuestreo en este caso de 15 observaciones, para contar con una confianza del al menos el 95.45% partiendo de una distribución normal, con el fin de encontrar el número de muestras para la operación.

Según el método estadístico tradicional y siguiendo la fórmula que se presenta y explica en el marco teórico se procede a calcular el número de muestras que se debe de hacer en esta toma de tiempos y el cálculo nos indica que debemos de tomar al menos 10 observaciones y anteriormente tomamos 15 por lo tanto al ser mayor nuestro premuestreo se considera suficiente para dar respaldo al estudio de tiempos que se realizó.

Figura 13 Observación de tiempos de ciclo

Ensamble pallet tipo europeo 40"x48"				
1. Colocar pieza clavador y tablas parte superior	2. Clavado de parte superior	3. Doblado de clavos	4. Colocación de tablas parte inferior	5. Clavado de parte inferior
Mesa 1		Mesa 2		
1	2.2			2.1
2	1.9			1.78
3	2.1			2.2
4	1.79			1.82
5	1.9			2.1
6	2.2			2.2
7	2.1			1.9
8	2.25			2.22
9	2.1			1.8
10	1.8			2.2
11	1.82			1.79
12	2.2			1.9
13	1.9			2.22
14	2.22			1.9
15	2.1			2.12

Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la figura 12 se realiza 15 observaciones en la línea 1 para 2 mesas de trabajo que involucra 4 operarios, confirmando que la fórmula estadística de cálculo de muestra nos indica que con 10 observaciones es suficiente, el cálculo del tiempo de ciclo se toma partiendo de las 15 muestras, en la siguiente figura se muestra el resultado del tiempo de ciclo actual. En la siguiente figura se muestra el cálculo de tiempo de ciclo, el tiempo efectivo y los suplementos según la OIT que inciden en el proceso.

Figura 14 *Tiempo de ciclo actual*

Promedio	2.04	2.02
Máximo	2.25	2.22
Mínimo	1.79	1.78
Rango	0.46	0.44
Desviación estándar	0.17	0.18
Coefficiente de variación	8%	9%
T.C	Suplementos	T.C estándar
2.03	14%	2.31

Fuente: Elaboración propia

Según los datos recolectados en la figura 14 se procede a calcular el promedio, máximo, mínimo, desviación estándar y coeficiente de variación que ayuda a identificar la variabilidad que en este caso se presenta en un porcentaje bajo y por lo tanto aceptable. El tiempo de ciclo actual producto de las observaciones y según la tabla de la OIT que se muestra en el marco teórico los

suplementos que inciden en el proceso es de un 14% que como resultado de sumarlo al tiempo de ciclo promedio se obtiene el tiempo de ciclo estándar de 2.31 minutos por pallet.

Este tiempo de ciclo está dentro de un turno en un día laboral de 9 horas de las cuales se tiene 1 hora de almuerzo, 30 minutos de café distribuido en 2 tiempos de 15 minutos el primero a las 9:00 am y después de almuerzo a las 3:00 pm, además de 1 hora de tiempo muerto que este último es por demoras del montacargas en momentos de reabastecer de materia prima a las mesas de trabajo en la línea 1, entonces se obtiene un tiempo efectivo de 6 horas y 30 minutos.

En la siguiente figura se observa los suplementos que inciden en el proceso.

Figura 15 *Suplementos y tiempo efectivo*

Suplamentos que inciden		Unidad Horas	
1. Suplementos constantes		Turnos por día	
A. Suplemento por necesidades personales	5	1	
B. Suplemento base por fatiga	4	Horas por turno	
2. Suplementos Variables		09:00	
A. Suplemento por trabajar de pie	2	Tiempo de almuerzo y café	
C. Uso de fuerza/energía muscular peso levantado 10Kg	3	01:30	
Total suplementos %	14	Tiempo muerto	
		01:00	
		Tiempo efectivo	
		06:30	

Fuente: Elaboración propia

Los suplementos que inciden es por las necesidades básicas personales 5% y por fatiga 4% los porcentajes basados en mano de obra masculina y como el proceso se realiza en una jornada laboral de pie se agrega un 2%, además el proceso requiere de que ambos colaboradores levanten el pallet de la mesa y lo coloquen o estiven de manera que al completar 20 unidades el

montacargas realice el traslado a inspección por tanto se agrega un 3%, en total de suplementos 14% que se suman al tiempo de ciclo recolectado en el muestreo.

Con los datos obtenidos se procede a calcular la capacidad de la línea 1, se muestra los pallets por hora, por semana y por mes para posterior lograr entender si se puede cumplir con la demanda actual, partiendo de 2 recursos que representa las 2 mesas de ensamble en las cuales

operan 2 colaboradores en cada una, también se muestra la tasa de utilización, eficiencia operativa, estas requieren de los tiempos de ciclo de los procesos de corte y de lijado que para este proyecto no se calcularon; sin embargo, los cálculos de los procesos de corte y de lijado son de referencia dados por Industrias Benabar.

Figura 16 Capacidad actual instalada

Pallet Europeo Estándar 40"x48"								
Tiempo para pallet estándar 40"x48" min/ pallet	TC	Capacidad	Recursos	Capacidad				Tasa de utilización
Estaciones	min/pallet	Pallets/hora		Pallets/hora todos recursos	Pallets/día	Pallets/semana	Pallets/mes	
Corte	0.78	77	1	77	500	2500	10000	67.53%
Ensamble	2.31	26	2	52	338	1688	6753	100.00%
Lijado	0.81	74	1	74	480	2401	9606	70.30%
	3.90	26		52	338	1688	6753	79.28%

CB= EO=

Días	5
Semanas	4
Tiempo efectivo	06:30:00
Horario de 6:00am a 4:00pm	

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 15 las estaciones o líneas de corte y de lijado son datos dados por la empresa, necesarios para conocer la capacidad del sistema actual instalada, pero el enfoque principal sigue siendo el proceso de ensamble de pallets en la línea 1, de manera que el tiempo de ciclo es de 2.31 minutos por pallet, los pallets por hora 26 en total con un recurso (1 mesa, 2 operarios), luego multiplicamos los 26 pallets por los 2 recursos instalados en la línea 1 que comprende de 2 mesas y cuatro operarios que producen un total de 52 pallets por hora, esto quiere decir que en un día laboral con un horario de 6:00 am a 4:00 pm salen del proceso 338 pallets

ensamblados, cabe recalcar que el tiempo efectivo para 1 turno diario es de 6 horas y 30 minutos y que los resultados se calcularon basados en una semana de 5 días y 1 mes de 4 semanas, también se considera una toma de tiempos con operarios que trabajan con un 100 % de valoración estimando que realizan las operaciones a un ritmo constante y con un conocimiento del método correcto.

El cuello de botella representa el proceso que tiene la menor capacidad de producción y que además limita el rendimiento total del sistema, con esta información se confirma que el CB del sistema actual es el proceso de ensamble.

Como se puede observar la tasa de utilización para el proceso de ensamble es de 100% lo que indica que los recursos están utilizados al máximo.

Demanda mensual 2024 histórico 2023

En la siguiente figura se desea conocer la demanda actual de Industrias Benabar que se recolecto de la información de los meses de enero, febrero y de marzo y un histórico del año 2023 de todos los meses.

Se observa el comportamiento de la demanda del año 2023 comportamiento que según la empresa se mantiene estable lo que indica es que no decrece ni tampoco crece, pero eso se revisara con el histórico del año 2023 y los primeros meses del año 2024, de enero a mayo.

Figura 17 Demanda mensual año 2023

Demanda pallets 2023												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
S e m a n a	1790	1850	1900	1850	1820	1850	1830	1860	1850	1800	1800	1850
	1830	1800	1840	1860	1800	1820	1860	1850	1850	1800	1810	1700
	1835	1830	1840	1840	1850	1860	1840	1850	1860	1820	1800	1550
	1840	1840	1820	1800	1850	1840	1850	1830	1840	1810	1810	1430
			1850			1800			1820			
Tot	7295	7320	9250	7350	7320	9170	7380	7390	9220	7230	7220	6530

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en todos los meses la demanda fue mayor a lo producido por semana por tanto en ese año también incurrieron en horas extra para poder atender y cumplir con los clientes. En los meses marzo junio y septiembre la demanda se incrementa en una semana ya que esos meses cuentan con 5 semanas, pero en términos generales el comportamiento de demanda se mantiene estable, esto se debe a han sostenido la misma cantidad de clientes y además el desgastante esfuerzo por cumplir mes a mes no les permite buscar nuevos clientes.

Figura 18 Demanda mensual 2024

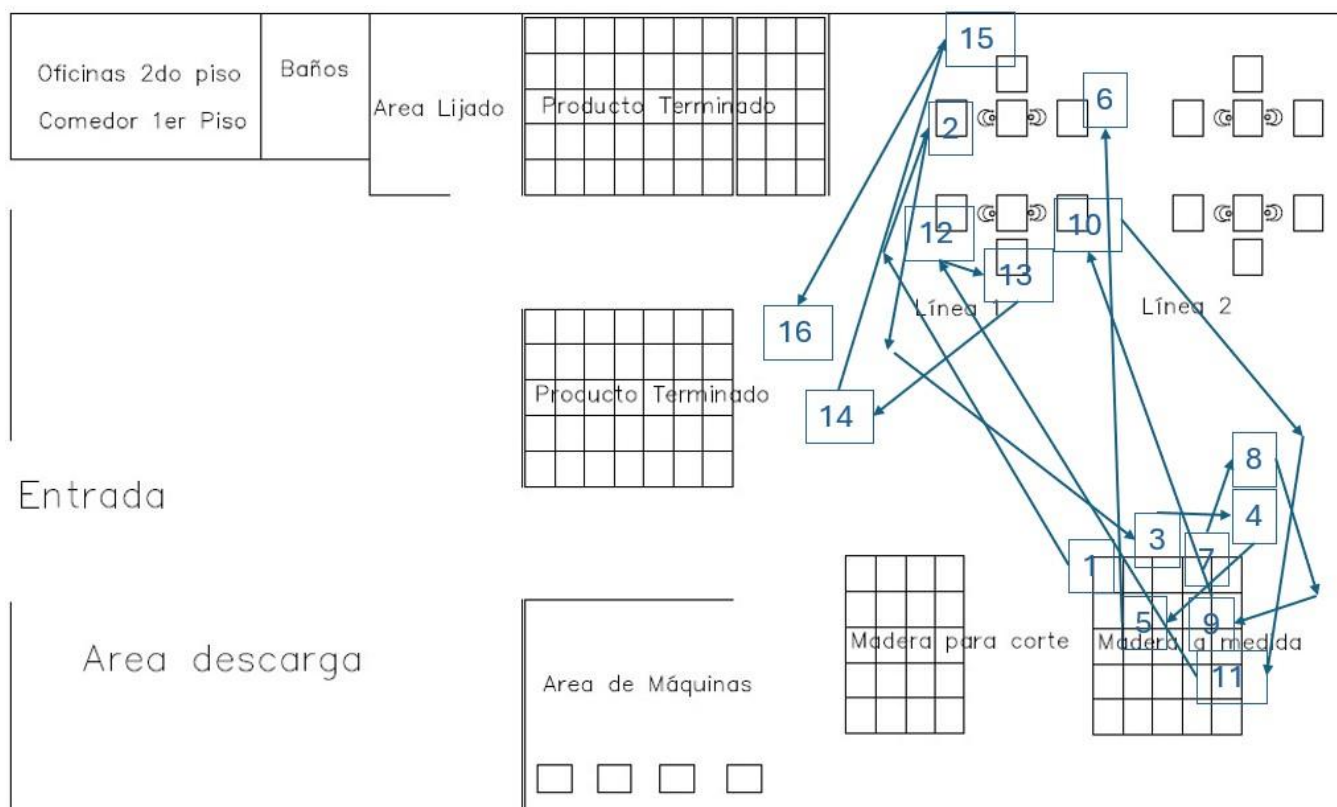
Demanda pallets 2024					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
S e m a n a	1800	1820	1880	1830	1800
	1840	1810	1850	1850	1820
	1860	1840	1830	1810	1830
	1830	1800	1790	1700	1800
			1860		1810
Tot	7330	7270	9210	7190	9060

Fuente: Elaboración propia

Se presenta la demanda actual del año 2024, se observa un comportamiento similar al del año pasado, inician enero con una demanda por encima de lo que producen y esto les hace recurrir a tiempos adicionales para poder cumplir y así los siguientes meses hasta llegar a mayo cabe destacar que los días feriados no afectan la demanda.

Diagrama de espagueti análisis de recorrido

Figura 19 Diagrama de espagueti



Fuente: Elaboración propia

En la figura diagrama de espagueti se logra observar el recorrido actual del montacargas que está involucrado en el proceso, este se encarga de abastecer la línea 1 compuesta como se ha mencionado por dos mesas y cuatro operarios, las tareas asignadas a este es de trasladar la materia prima hasta las mesas a través de estructuras de madera que contienen las tablas y los clavadores que componen los pallets de madera de tipo europeo, cada estructura de madera de ambos componentes tiene la capacidad de abastecer para 70 pallets, lo quiere decir que con la producción diaria actual de 170 pallets el montacargas hace un movimiento de materia prima o más bien reabastece en 3 ocasiones por día, además de retirar cuando completan estibas de 20 pallets ensamblados y trasladarlos al área de chequeo, los recorridos son en la misma planta y a un nivel de piso, los accesos o pasillos son amplios, también este montacargas y su operador son utilizados en el área de descarga y carga que suele suceder en horas de la mañana 6:00 am para las cargas con un tiempo estimado de 30 min, y las descargas que suele suceder entre las 11:00 am y las 12:00md con un tiempo de 30 min, estos movimientos no están contemplados en el diagrama de espagueti sin embargo son importantes para el análisis.

En este diagrama también se observa la distribución de la planta y el enfoque es la distribución de la materia prima que si bien se puede observar el espacio es suficiente para maniobrar y acceder de manera sencilla lo que se observa en sitio es que la distribución es desordenada a tal punto que acomodan las estructuras con sus respectivas tablas una encima de otra pero no del mismo tipo es decir si una estructura contiene tablas de 40" la que sigue encima es una estructura que contiene tablas de 36", en otras se encuentra estructura con tablas de 48" encima de tablas de 40" por lo que al momento de requerir las tablas de 40" el montacarguista realiza varios movimientos para acceder a las tablas de 40" por tanto se observa que el tiempo muerto de 1 hora que se menciona en el cálculo de tiempo de ciclo actual corresponde a los movimientos de más que está realizando el montacargas además del nivel de prioridades cuando se trata de

cargar, descargar, reabastecer a los operarios o bien retirar estibas de 20 pallets ensamblados no está definido y se realiza según criterio del montacarguista.

Diagrama de Ishikawa

Se desarrollo un Ishikawa en el departamento de producción en la línea 1 en Industrias Benabar S.A., para determinar las principales causas que afectan la ineficiencia en el proceso de fabricación de pallets de madera de tipo europeo estándar 40"x48", mediante el método de observación.

En esta parte se presenta el diagrama de Ishikawa herramienta que ayuda a encontrar el problema raíz y sus causas que inciden o afectan directamente al proceso.

El problema raíz encontrado es la ineficiencia en el proceso productivo de las tarimas que es producto de varias causas que se observan en el diagrama de Ishikawa, relacionadas con el método, la máquina, el material, la mano de obra y la medida que a continuación se explica a cada una lo que ocasiona el incurrir en horas extra, en entregas tardías, en el retorno de facturación 8 días después de tramitada la factura y de estar por debajo de la demanda mensual.

Método

En esta sección se encuentra un almacenamiento de materiales inadecuado donde en la planta se colocan las estructuras que contienen las tablas necesarias para el ensamble de los pallets de tipo europeo encima de otras medidas de tablas que se utilizan para otros modelos de pallets.

Ejemplo de ello es que en una línea donde caben 5 estructuras con tablas estibadas doble es decir una encima de otra eso resulta 10 estructuras que contiene las tablas para los pallets, pero

en este caso actual de diferentes medidas lo que provoca excesos de movimientos para acceder a las que se necesitan para la fabricación de los pallets de tipo europeo 40"x48".

Por otra parte, los operarios cuentan con experiencia de más de 10 y 8 años en la empresa lo que hace ver que conocen el método de ensamble de los pallets de memoria; sin embargo, se evidencia que no existe un método que garantice la estandarización del ensamble de los pallets, esto no significa que los pallets salen de la línea defectuosos.

Máquina

Una de las causas del problema de ineficiencia en el proceso de producción de las tarimas es que las maquinas involucradas en el proceso de ensamble de los pallets específicamente las clavadoras neumáticas, que son herramientas que agilizan el ensamble mediante una secuencia de clavado controlada por el operario manualmente y que va a una velocidad dirigida por el operario. Estas utilizan clavos en rollo de 300 unidades por rollo, además se debe de lubricar esto lo hacen mediante lubricadores automáticos que a su vez tienen una trampa de agua o filtro para evitar daños en las partes internas de la máquina.

El problema encontrado es que no se tiene un mantenimiento preventivo, sino que cuando una de estas máquinas se daña, la reemplazan por otra en stock y la dañada la envían al centro de reparación, no obstante la maquinaria da signos de fallos que los operarios identifican pero no notifican con el tiempo prudente y por eso llegan a dañarse, esto también significa retrasos por que los clavos se empiezan a quedar pegados en la máquina, los operarios le realizan el ajuste para despegar el clavo y seguir trabajando como si no hubiera pasado nada.

Material

El material o insumo que se necesita dentro del proceso corresponde a los clavos en rollos, que simplemente son clavos unidos por dos líneas de alambre de cobre y que son enrollados en cantidades de 300 clavos y que a su vez se instala en la clavadora de manera sencilla sin esfuerzo y sin requerir conocimiento técnico, según lo observado los clavos pueden hacer fallar a la clavadora cuando el alambre se queda pegado es decir el accionamiento de la herramienta no lo corta y por ende hay que reiniciar abriendo el depósito donde se instalan para cambiar de rollo. La frecuencia con la que sucede es de cada 30 rollos 5 de estos tienen defectos, por lo que se puede observar en el sitio a simple vista no se distingue cual rollo puede estar con defecto.

Mano de obra

En el diagrama una de las causas es que el personal realiza otras tareas, estas están incluidas en el tiempo promedio muerto que se presentó en los cálculos del tiempo de ciclo, tareas como la de reiniciar las maquinas cuando estas se traban con los clavos, además de desplazarse hasta la bodega en busca de insumos y de reemplazo de maquinaria por daños.

El operador de montacargas debe de realizar los movimientos y traslados de la materia prima para los pallets de tipo europeo los traslados del producto terminado, además de cargar y descargar los camiones, y sin ningún orden de prioridad definido, lo realiza según su criterio esto también está dentro del tiempo muerto estimado para el cálculo de tiempo de ciclo.

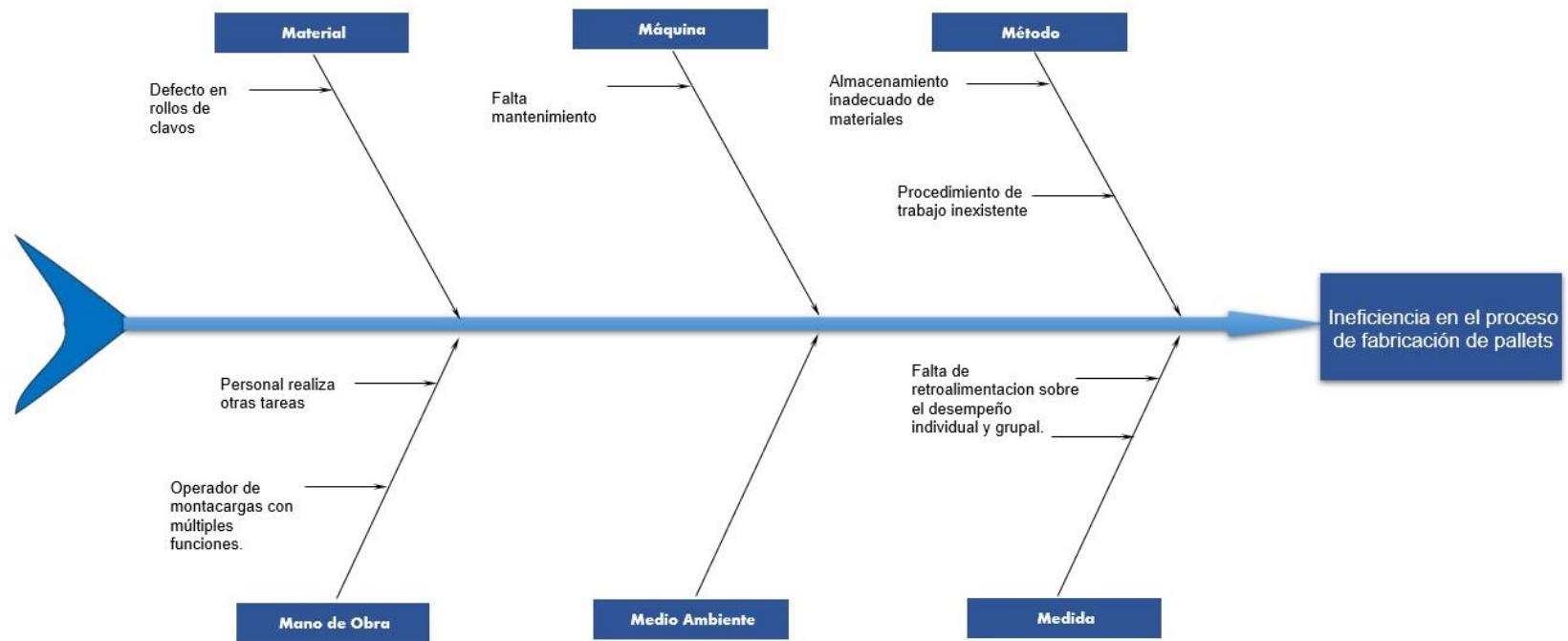
Medida

En la espina que hace referencia a la falta de retroalimentación a cerca del desempeño individual y grupal y es que no hay evidencia de métricas que evalúen de manera eficaz el desempeño de los colaboradores tanto a nivel individual como grupal, un factor que a la larga puede ser causante de desmotivación personal y de afectación al rendimiento individual grupal, al no saber de qué manera se evalúa cada uno y que consideraciones se tiene para medir su desempeño,

incluso conocer si su labor es de importancia o no o de qué forma podrían agregar valor con su desempeño.

A continuación, se presenta de manera grafica el diagrama de Ishikawa ya explicado en el texto anterior.

Figura 18 Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones de la situación actual

Las principales causas que conducen a la propuesta plasmada en este proyecto son las siguientes:

- Almacenamiento inadecuado de materiales.
- Procedimiento de trabajo inexistente.
- Falta de mantenimiento en maquinaria.
- Operador de montacargas con múltiples funciones.

A través del plan de recolección de datos realizado se logra conocer el tiempo de ciclo por pallet de 2.31 min y a su vez la cantidad de pallets por hora 52 en total en la línea 1 una capacidad del sistema de 338 pallets al día, esto en resumen proporciona una cantidad total de 6.753 pallets al mes.

Para ello se empleó un muestreo y se ratificó con el cálculo de muestras a través de la fórmula del método estadístico tradicional expuesta y explicada en el marco teórico.

También se calcula la tasa de utilización del proceso de ensamble de pallets que es de 100% y la eficiencia operativa del sistema que actualmente se encuentra en un 79.28%; además, se evidencia que el cuello de botella del proceso en general es la del ensamble de pallets ya que es la cantidad menor producida en una jornada laboral.

Luego de conocer el tiempo de ciclo se presenta la demanda mensual actual de los clientes que requieren los pallets de tipo europeo en cantidades y también se presenta un histórico de la demanda mensual del año 2023, evidenciando que el comportamiento es lineal, es decir, se ha mantenido constante en el tiempo por ende no tiende a decrecer, pero tampoco a crecer en cantidad, la demanda del año 2023 fue de 92.675 pallets de tipo europeo de 40"x48".

Se constata que para cumplir con la demanda actual y poder entregar a sus clientes los palletes se debe recurrir a las horas extra, se debe asumir el costo de retorno de facturación que es de 8 días luego de tramitar la factura y que existe un riesgo de quejas o de pérdida de clientes que hasta el momento no ha ocurrido.

Se logra observar los movimientos y recorridos realizados por el montacarguista, se evidencia que este realiza varias tareas dentro del mismo horario y que no se tiene un orden de prioridades.

CAPITULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

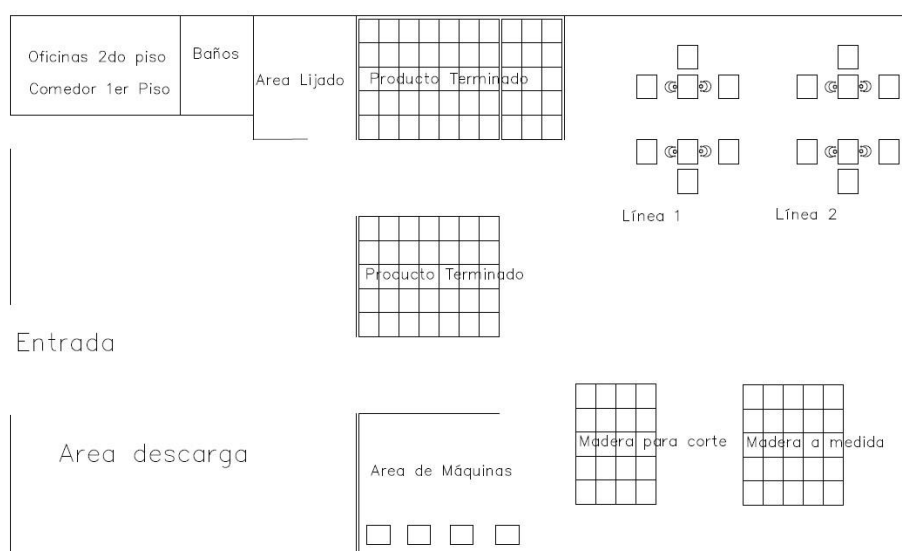
En este capítulo se desarrollarán las etapas de implementar y controlar además de validar el uso correcto de la metodología DMAIC presente en este proyecto.

Con el objetivo principal de mejorar la productividad a través de las distintas herramientas que se describen en este documento y con la base de análisis que se generó a través de los datos recolectados, se presenta el impacto que genero la implementación del proyecto.

Propuesta para realizar redistribución de la materia prima

Como se puede observar en la situación actual una de las causas encontradas que afectan la productividad del proceso de ensamble de los pallets de tipo europeo es que la materia prima se encuentra en una distribución que no es la correcta debido a que genera movimientos y traslados innecesarios y que además provoca demoras en el proceso productivo que están identificadas en el cálculo del tiempo de ciclo actual que corresponde al tiempo muerto de 1 hora.

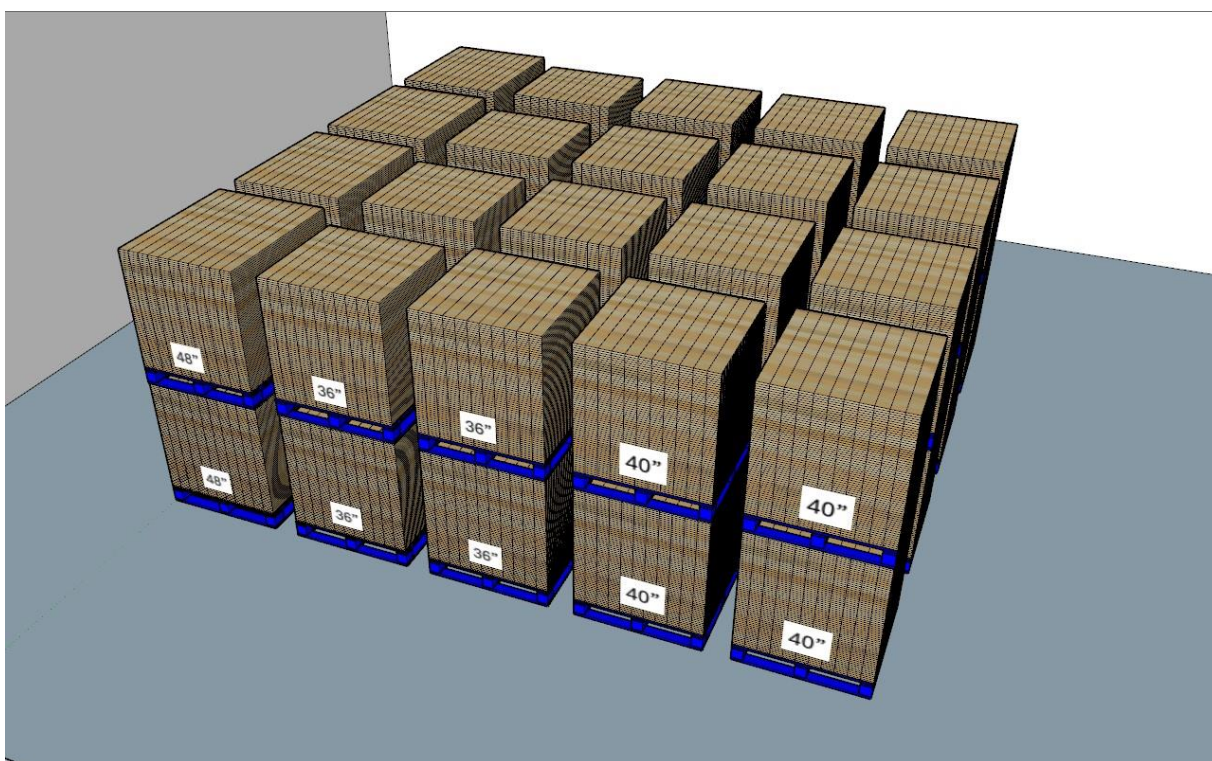
Figura 20 *Distribución de materia prima distribución actual*



Fuente: Elaboración Propia

El área donde se ubica la madera cortada a medida es suficiente para las cantidades de pallets ensamblados mensualmente, el problema no radica en el espacio sino más bien en la distribución que se maneja actualmente que en el capítulo anterior se explica, por lo que la propuesta va dirigida hacia reacomodar la distribución de almacenamiento de la madera cortada para así lograr un flujo de traslado sin demoras que repercutan en el proceso de ensamble que es nuestro objeto de estudio además de implementar un procedimiento de trabajo para el montacarguista.

Figura 21 *Distribución de materia prima*



Fuente: Elaboración propia

En la figura se muestra la propuesta de redistribución de materia prima donde se ubica por líneas o pasillos completos para tablas de la misma medida y no una mezcla como en la situación actual, por el volumen que se mantiene de stock, se define dos filas para la tabla de 40" la cual almacena para 1.120 pallets de tipo europeo 40"x48" cortadas a medida listas para el ensamble, también se destina dos filas para la madera de 36" y una fila para la madera de 48" según volumen. Se propone rotular cada estructura con la medida en pulgadas para identificar de manera sencilla la madera que se necesita al momento, esto se realiza con hojas de papel bond realizadas por la parte administrativa por medio del software Word, se imprimen y se grapas a la madera.

Se realiza un mapa de vista superior con la intención de proporcionar al montacarguista la distribución de las maderas y este pueda revisar y acomodar según lo indica el mapa.

Figura 22 *Rotulación en pulgadas*

36" 40" 48"

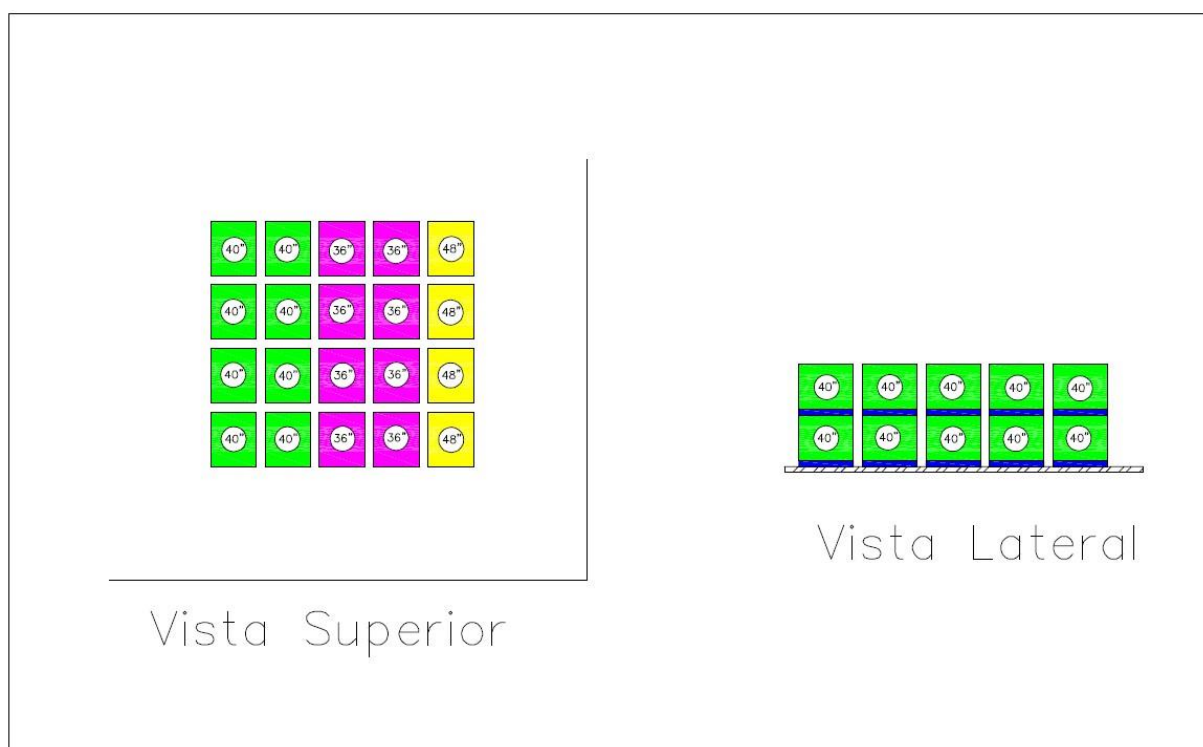
Fuente: Elaboración Propia

Los tamaños de los rótulos son del tamaño de un papel carta que es de 8 ½"x 11", esto no requiere enviar a fabricarlos sino se imprimen en el departamento administrativo y la forma de pegarlo o anclarlo a la madera es mediante grapas.

En la siguiente figura se muestra el plano o mapa de la distribución de materia prima con vista aérea o superior y lateral con el fin de que el montacarguista tenga acceso a consultar el mapa

cuando le corresponda almacenar y no sea su criterio esto evita que las líneas se usen para medidas que no corresponden y evita que se mezclen entre sí, además de mantenerlo en el tiempo.

Figura 23 *Distribución materia prima*



Fuente: Elaboración Propia

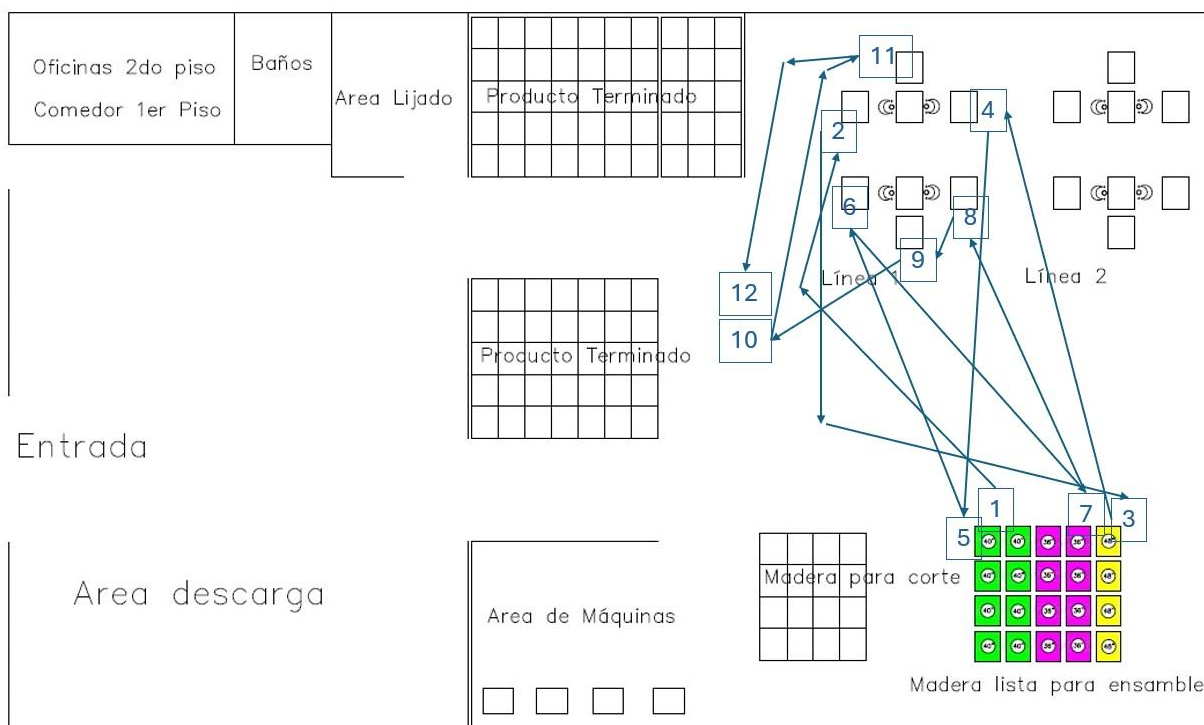
Como se muestra en la figura el diseño de distribución de materia prima es de interpretación sencilla; sin embargo, se explica de la siguiente forma las líneas representado por rectángulos verdes que corresponden a las tablas de 40" están debidamente señaladas y rotuladas con la medida en pulgadas para que el montacarguista pueda leer sin problemas e interpretar, las líneas representado por rectángulos fucsia son para la medida de 36" y la fila de color amarillo son para las tablas de 48", se le presenta una vista aérea o superior y además una vista lateral que

indica el nivel de piso la franja azul representa los pallets y los rectángulos de color verde representan la madera en este caso la de 40” que es la que queda visible del lado derecho.

Esta propuesta implementada permite que el montacarguista realice el traslado de la materia prima a las mesas de trabajo en la línea 1 sin demoras por seleccionar en campos que no debe, garantiza que se mantenga el orden y además de tener un control visual del inventario existente.

En el siguiente diagrama se representa los recorridos actualizados e implementados con la puesta en marcha de la nueva distribución de materia prima.

Figura 24 *Recorrido optimizado*



Fuente: *Elaboración Propia*

Como se puede observar los recorridos se reducen de 18 movimientos en el recorrido actual a 12 movimientos con la mejora, los cuales se realizan 4 veces al día ya que cada estructura de madera contiene tablas para 70 pallets dado que del proceso salen 195 pallets por mesa con la

mejora de productividad, el cuarto abastecimiento es para garantizar que al día siguiente en la mañana al inicio laboral el montacarguista no tenga que abastecer sino que se dedique a cargar camiones en total de traslados innecesarios reducidos 18 en una jornada laboral.

Prioridad de tareas de montacarguista

Estas tareas se organizan contemplando que el montacargas es utilizado únicamente para las siguientes actividades ya que este está destinado para abastecer a la línea 1 de materia prima, trasladar el producto ensamblado al área de chequeo, descargar y cargar camiones con una frecuencia de carga que suele suceder a 6:00 am con un tiempo de 30 min de actividad, y las descargas que suelen suceder entre las 11:00am y las 12:00md, con un tiempo de 30 min.

Figura 25 *Matriz de prioridad de montacarguista*

Actividad	Hora inicio	Hora Finalización	Prioridad
Carga de Camiones	6:00 a. m.	6:45 a. m.	Alta
Abastecimiento de materia prima	7:00 a. m.	11:00 a. m.	Alta
Traslado de producto terminado			Medio
Descarga de camiones	11:00 a .m.	12:00 a. m.	Alta
Almuerzo	12:00 a. m.	1:00 p. m.	
Abastecimiento de materia prima	1:00 p. m.	4:00 p. m.	Alta
Traslado de producto terminado			Medio

Fuente: Elaboración propia

Con esta matriz de prioridades se garantiza el orden de prioridad de montacarguista para cumplir con las actividades diarias sin sacrificar ninguna, y sin recargar las tareas diarias.

Al reducir los movimientos y recorridos del montacarguista y brindarle una matriz de orden de prioridad el tiempo muerto actual de 1 hora se logra reducir en 45 min, lo que impacta positivamente en el proceso de ensamble ya que el tiempo efectivo pasa de 6:30 hrs. a 7:15 hrs.

Procedimiento de trabajo

En la situación actual de la empresa los operarios que realizan el ensamble en la línea 1 de los pallets de tipo europeo 40"x48", conocen el procedimiento por los años que tienen de laborar para la empresa que cada uno expresa tener 10 años, 8 años, 8 años, 6 años, esto se corrobora con la empresa la cual confirma que así, entonces por experiencia conocen el procedimiento sin embargo en la empresa no existe registro de este a continuación se presenta la propuesta para implementar.

Procedimiento de ensamble de pallets de tipo europeo 40"x48"

1. Se coloca los 3 clavadores de 48" en la mesa de trabajo, en las posiciones que indica la mesa.
2. Se colocan 8 tablas de 40" en la parte superior de los clavadores.
3. Se procede a clavar mediante clavadoras neumáticas.
4. Se gira el pallet de manera que este quede invertido.
5. Se procede a doblar los clavos en sentido de la fibra de la madera.
6. Se colocan 5 tablas según el dibujo.
7. Se procede a clavar mediante clavadoras neumáticas.

8. Se saca el pallet de la línea levantándolo entre los 2 colaboradores en estibas de 20 pallets.

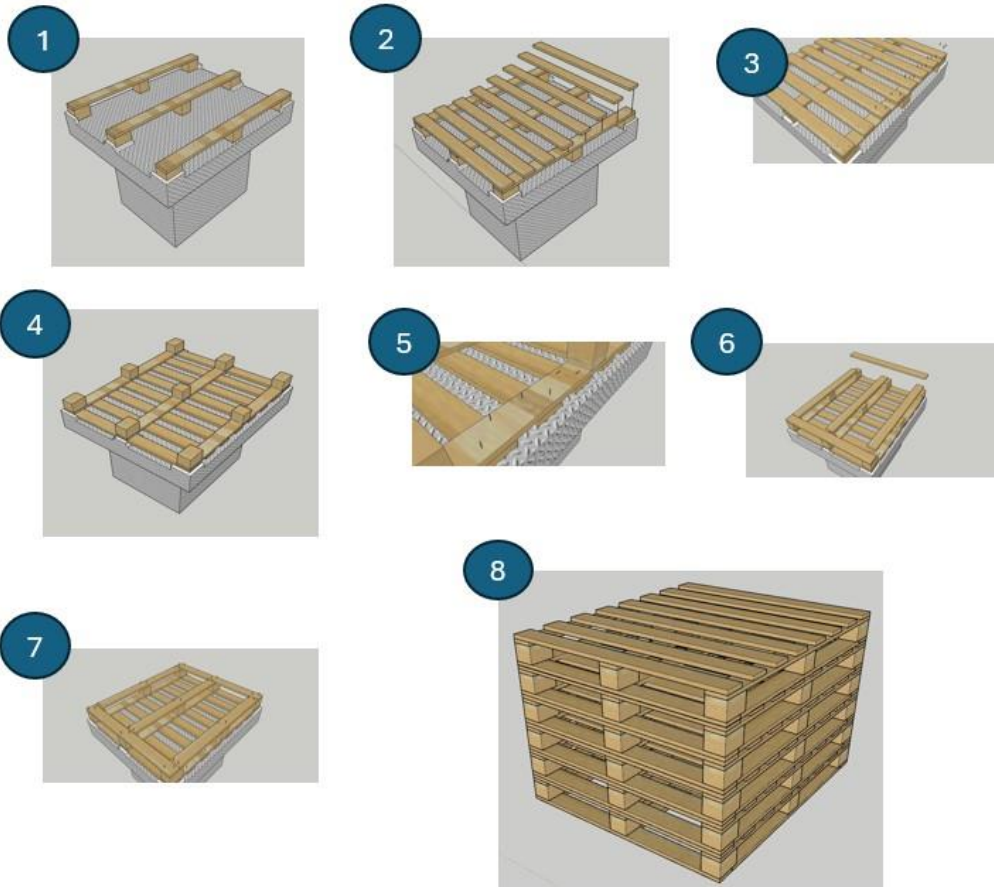
A continuación, se presenta un diagrama con las instrucciones de trabajo, disponible para la capacitación de los operarios.

Esto define las tareas del proceso de ensamble de los pallets de tipo europeo 40"x48", y define un estándar en el procedimiento que sirve de base para mantener la misma calidad en el tiempo y asegurar satisfacción del cliente final, también se logra reducir el tiempo de ciclo por pallet promedio que pasa de 2.31 min a 2.22 min por mesa en la línea 1 esto con clavadoras en buen estado y condiciones normales de trabajo.

También busca mitigar la dependencia del conocimiento por antigüedad laboral, esto quiere decir que, para las personas de nuevo ingreso, la empresa cuenta con recursos que le sirven de entrenamiento, de capacitación y de inducción, sujeto a procedimiento de reclutamiento.

Figura 26 Instrucciones de trabajo

Instrucciones de Trabajo Ensamble Pallet Tipo Europeo 40"x48"



PIEZA	CODIGO
	Pieza <u>clavador</u> 48"
	Regla 40" parte superior y parte inferior

Instrucciones
1. Colocar pieza <u>clavador</u>
2. Colocar 8 tablas de 40"
3. Se procede a clavar las 8 tablas a los <u>clavadores</u> .
4. Se gira el pallet
5. Doblar clavos en sentido fibra de la madera.
6. Se colocan 5 tablas de 40"
7. Se procede a clavar.
8. Se estiba en 20 unidades.

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de capacidad de producción

Con las mejoras propuestas e implementadas, como la redistribución de la materia prima, la priorización de las actividades del montacarguista, la capacitación a al personal operador en la línea 1 con énfasis en el procedimiento estandarizado, se obtiene un nuevo cálculo a partir de las mejoras ya mencionadas; además, se utilizan clavadoras en buen estado con el fin de evaluar de manera continua sin interrupciones ni paros por defectos de maquinaria, esto se interioriza más adelante en el documento que también se establece una mejora implementada.

Para el cálculo de capacidad de producción se toma una muestra de 10 tiempos según se había calculado con la formula del método estadístico tradicional.

También se toma el tiempo en similitud al tiempo actual en el sentido de 5 días de jornada completa con un horario de 6:00 am a 4:00 pm con la diferencia que realizar las mejoras de recorrido y traslado el tiempo efectivo de producción mejoro y paso de 6 horas y 30 minutos a 7 horas y 15 minutos, además que el tiempo de ciclo se mejoró en 0.06 minutos pasando de 2.31 minutos a 2.25 minutos.

Figura 27 Toma de tiempos mejora

Ensamble pallet tipo europeo 40"x48"		
	Mesa 1	Mesa 2
1	1.92	1.95
2	1.98	1.95
3	1.93	1.97
4	1.95	1.93
5	2.1	1.99
6	1.98	1.92
7	1.92	1.95
8	1.98	2.1
9	1.97	1.95
10	1.92	2.2

Fuente: Elaboración propia

Según las muestras de tiempos por observación se calcula el promedio, máximo, mínimo, desviación estándar y coeficiente de variación confirmando así que la variabilidad se reduce en 6% y pasa de 9% a 3% lo que va mostrando una mejora que impacta directamente la productividad y que se ve reflejada en la figura 27 que muestra los resultados obtenidos, cabe recalcar que los suplementos que inciden son los mismos del cálculo de tiempo de ciclo actual ya que la operación no varía, un total de 14% por suplementos.

Figura 28 *Tiempo de ciclo*

Promedio		1.97	1.99
Máximo		2.10	2.20
Mínimo		1.92	1.92
Rango		0.18	0.28
Desviación estándar		0.05	0.09
Coeficiente de variación		3%	4%

T.C	Suplementos	T.C estándar
1.98	14%	2.25

Fuente: Elaboración propia

Los resultados orientan hacia una mejora ya antes vista a continuación se presenta la mejora en la eficiencia operativa que pasa de un 79.28% a un 85.95% mejorando en un 6.67% que resulta de estandarización del método, de reducción de tiempo muerto por movimientos y traslados que no agregan valor.

Figura 29 **Capacidad de la línea 1**

Pallet Europeo Estándar 40"x48"								
Tiempo para pallet estándar 40"x48" min/ pallet	TC	Capacidad	Recursos	Capacidad				Tasa de utilización
Estaciones	min/pallet	Pallets/hora		Pallets/hora todos recursos	Pallets/día	Pallets/semana	Pallets/mes	
Corte	0.78	77	1	77	500	2500	10000	77.33%
Ensamble	2.25	27	2	53	387	1933	7733	100.00%
Lijado	0.81	74	1	74	480	2401	9606	80.51%
	3.84	27		53	387	1933	7733	85.95%

Dias	5
Semanas	4
Tiempo efectivo	07:15:00
Horario de 6:00am a 4:00pm	

CB=

EO%

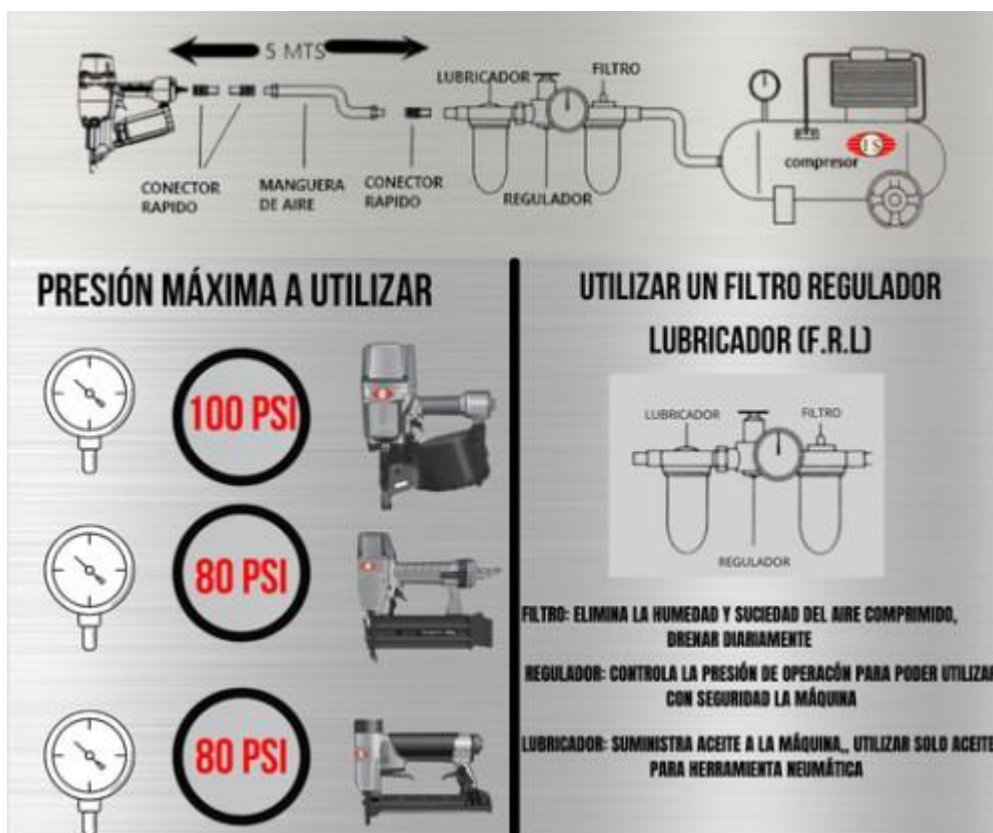
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el tiempo efectivo mejoro significativamente en 45 min producto de la mejora en la distribución de la materia prima, priorización de las tares del montacarguista y además la reducción de paros por defectos de maquinaria esto porque se utilizaron maquinas en buen estado, el cuello de botella sigue siendo el proceso de ensamble, la tasa de utilización sigue estando al máximo pero esto es porque la capacidad de los dos procesos, corte y lijado están por encima de lo que se produce en ensamble, por lo que se puede hacer un balance de líneas sin embargo debido a que la cantidad producida por la línea 1 es de 387 pallets por día, y 7.733 pallets por mes se compara con la demanda actual y que proyecta a comportarse similar al año 2023 y meses del año 2024 vistos en el capítulo anterior, se considera el mes de agosto del año 2023 con la demanda más alta en cuatro semanas que fue de 7390 pallets de madera de tipo europeo, como se puede ver la producción cumple con la demanda y genera stock para el siguiente mes que iniciaría con 343 pallets. El incremento mejoro en un 14.4%, el objetivo del proyecto era de un 12% por tanto el incremento es satisfactorio.

Plan de mantenimiento de maquinaria neumática

En la línea 1 de ensamble de pallets europeo se utilizan 4 clavadoras neumáticas que sirven para anclar o clavar los pallets durante todo el proceso, esta funcionan con aire comprimido, conectadas por mangueras especiales para aire comprimido, están fabricadas para trabajo rudo sin embargo según el fabricante estas requieren de un mantenimiento preventivo, ejemplo de ello el fabricante recomienda en los manuales utilizar filtros de agua y lubricante este es un dispositivo que se conectan al compresor y luego la manguera que va hacia la clavadora se conecta al filtro en la siguiente imagen se puede observar. Recomienda una presión de 100 PSI,

Figura 30 Conexión de clavadora



Fuente: induserve SpA facebook (2022)

Según el fabricante la herramienta se debe de enviar al centro de servicio autorizado 1 vez cada 3 meses siempre y cuando se siga las instrucciones de conexión descritas en la figura 29, lo cual garantiza una vida útil prolongada, algunas consideraciones para el envío a l centro de servicio que se deben de tomar en cuenta son:

- Fuga de aire en la envoltura de la válvula disparadora.
- Fuga de aire en el armazón.
- No desempeña su ciclo eficiente.
- Falta de potencia desempeña su ciclo lentamente.
- Sujetadores que saltan, alimentador intermitente.
- Impulsor desgastado.

Como propuesta se realiza un diagrama de Gantt con las fechas asignadas a las clavadoras, para esto se marcan las clavadoras con un código que identifique cual es la que utiliza cada operario además de que se podrá monitorear el uso, el desgaste y los mantenimientos realizados este indicador sirve para tomar decisiones de mantenimientos con mayor frecuencia o bien de reemplazarla.

Figura 31 Cronograma de mantenimiento

Mantenimiento general de maquinaria neumática												
Código	Mes/Semana											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Noviembre	Diciembre	
Clav N70-001				■								■
Clav N70-002				■								■
Clav N70-003				■								■
Clav N70-004				■								■

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en el cronograma se plantea enviar las clavadoras a servicio una vez cada 3 meses con una semana de diferencia para no tener que invertir en más clavadoras para sustitución, para la clavadora con código Clav N70-001 inicia mantenimiento del 01 de abril al 05 de abril del presente año y así sucesivamente con una semana de diferencia, el proveedor del servicio de mantenimiento tarda 3 días hábiles desde que recibe la maquinaria.

Recolección de Datos de producción semanal

Con el fin de medir semanalmente las cantidades producidas en la línea 1 de ensamble de pallets de tipo europeo se propone y se implementa el diseño de una plantilla que se registra de manera manual, la cual tiene como objetivo monitorear rendimiento diario de los operarios, el control de las cantidades producidas a diario, el tiempo efectivo en la jornada de 9 horas y registrar si hubo retrasos.

Figura 32 Control de producción diaria

Control de Producción Diario					
<p>llene cada espacio según se le solicita, en las casillas de tipo de pallet marque con x según producción en la línea, marque la línea que se está corriendo, cuente cada estiba fabricada y anote en el campo según tipo de tarima y operarios que realizan la operación, de presentarse alguna no conformidad anote en la parte de observaciones, ejemplo: clavadoras en mal estado, falta de materia prima, defectos en la materia prima, entre otras. Comuníquese al supervisor del área cualquier anomalía mencionada o que se considere importante resolver de inmediato.</p>					
Línea 1	<input type="checkbox"/>	Línea 2	<input type="checkbox"/>	Responsable:	
Fecha desde:	Hasta:	Hora Inicio:		Hora Finalización:	
Operario	Tipo de Pallet				
	Americano 36"x42"	Europeo 40"x48"	Americano 40"x48"	Americano 115x122cm	Total
Armando					
Juan Carlos					
Jose Carlos					
Fabian					
Tiempo de paro:					
Tiempo efectivo:					
Observaciones:					

Fuente: Elaboración propia

Los nombres utilizados en esta plantilla son meramente de ejemplo ya que por confidencialidad de la empresa se omiten los verdaderos involucrados en el proceso, este indicador permite tener control de la producción diaria y ayuda en la toma de decisiones, se propone usar diario y al finalizar entregarlo al departamento administrativo para su registro y análisis respectivo.

**CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

Conclusiones

Se logra el objetivo principal de aumentar la productividad proyectado en 12%; sin embargo, los resultados están en 2.4% arriba es decir 14,4% de incremento en la productividad, con una capacidad de producción de 7.733 pallets por mes, cumpliendo así con la demanda mensual en un horario de jornada laboral de 6:00 am a 4:00pm.

Se reduce el tiempo de ciclo actual de 2.31 min a 2.25 min lo cual repercute de manera positiva en el aumento de la productividad y además mejora la eficiencia operativa del sistema que pasa de un 79.28% a un 85.95%, lo cual la vuelve más optimizada.

Se reduce el tiempo muerto de 1 hora por traslados innecesarios y paros de máquina, al redistribuir el almacenamiento de la materia prima y ejecutar un programa de mantenimiento con una frecuencia de 1 vez cada 3 meses para la maquinaria neumática.

Se proporciona material para procedimiento de trabajo el cual garantiza que la estandarización se mantenga en el tiempo y no dependa de personal con conocimiento por antigüedad o años de experiencia.

Se realiza un control diario de producción con su debido procedimiento el cual sirve de indicador para toma de decisiones, ya que se conoce la capacidad del sistema con la mejora implementada.

Se logra eliminar el uso de horas extra para cumplir con la demanda.

Con la implementación se entrega a tiempo al cliente, el tiempo de respuesta mejoro y por ende el retorno de la facturación se estabilizó.

El impacto económico no se evaluó en este proyecto, sin embargo, el proyecto está dirigido a resolver el problema sin incurrir en gastos que puedan limitar su desarrollo.

Se concluye el proyecto con un 100% de satisfacción en la implementación.

Recomendaciones

Se recomienda a Industrias Benabar seguir con los cronogramas implementados y verificar periódicamente si requieren edición para mejora.

Es importante tomar en cuenta la opinión de los involucrados en el proceso que se plasmó en este proyecto, ya que son de suma importancia para encontrar en conjunto las posibles mejoras para optimizar la productividad.

Se recomienda asignar un día de reuniones para retroalimentar a los operarios del proceso el rendimiento que se obtiene diario utilizando la hoja de control de producción que se implementó durante el proceso de desarrollo del proyecto.

También es importante habilitar un canal de comunicación para asuntos de fallos, anomalías, sugerencia u otras que la administración considere importante para brindar apoyo a los colaboradores y estos se sientan apropiados, que son parte de la empresa y que son de gran importancia para el desarrollo de las actividades.

Se recomienda realizar capacitaciones periódicas que incluyan temas de salud y seguridad ocupacional, trabajos estandarizados, trabajo en equipo y comunicación asertiva.

Inculcar buenas prácticas de orden y de cuidado ante riesgos laborales.

CAPITULO VII: BIBLIOGRAFIA

- Acevedo Garcia, J. D. (2020). *Universidad Católica de Pereira*. Obtenido de <https://repositorio.ucp.edu.co/server/api/core/bitstreams/ae4225fa-f0bf-4109-b606-3e7366751457/content>
- Aguirre Leaña, A. L., Cobos Palacios, O., & Trelles Veliz, A. F. (abril de 2019). *Tesis PUCP*. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14398/AGUIRRE_COBO_S_TRELLES_DIAGNOSTICO_Y_RECOMENDACIONES_AL_PROCESO_DE_PRODUCION_DE_PALLETS_ESPECIALES_E_UNA_PYME.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Baca U, G. (2014). *Introduccion a la Ingenieria Industrial*. Mexico.
- Carrasco Bravo, D. (2009). *Gestion de Procesos*. Evolución S.A.
- Carro Paz, R., & Gonzáles Gómez, D. (s.f.). *Control Estadístico de Procesos*. Obtenido de <http://nulan.mdp.edu.ar>
- F. Robert, J., & b.Chase, R. (2014). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. PRODUCCIÓN Y CADENA DE SUMINISTROS*. Mexico, D.F.: Mc Graw Hill Education.
- Gutarra Meza, F. (2015). *Introduccion a la Ingenieria Industrial*. Huancayo: Editorial de la Universidad Continental.
- Gutiérrez Pulido, H., & Salazar, R. (2009). *CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA*. Mexico, D.F.: Mc Graw Hill Aducation.
- Heizer, J., & Render, B. (2015). *Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones estratégicas*. Madrid: PEARSON EDUCATION, S.A.
- Herrera Acosta, R., & Fontalvo Herrera, T. (s.f.). *biblioteca.utec.edu.sv*. Obtenido de <https://biblioteca.utec.edu.sv>

Imai, M. (2014). *Un enfoque de sentido común para una estrategia de mejora continua*. McGraw-Hill.

Mendez Murillo, J. (2021). *Universidad LATina de Costa Rica facultad de Ingenieria*. Obtenido de

https://repositorio.ulatina.ac.cr/bitstream/20.500.12411/1577/1/TFG_Ulatina_Juan_Mendez_Murillo_20150230277.pdf

Morera Solís, J. A. (Febrero de 2021). *Biblioteca Digital UH*. Obtenido de <https://www.uh.ac.cr>

Morgan, J., & Breing-Jones, M. (2012). *Lean Six Sigma For DDummies*.

Mundaca, F., Saldarriaga, M., & Virreira, C. (Setiembre de 2019). *Baco central reserva del peru*.

Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Moneda/moneda-179/moneda-179-04.pdf>

Tschohl, J. (1997). *Servicio al Cliente*. Service Quality Institute.

W. Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial métodos, estándares y diseño del trabajo*. Mexico, D.F.: Mc Graw Hill Education.

CAPITULO VIII: ANEXOS

Anexo 1 Pallets de tipo europeo 40"x48" Industrias Benabar S.A.



Anexo 2 Clavadora neumática



Anexo 3 Filtro regulador de presión de aire Industrias Benabar S.A.



Anexo 4 Sello de tratamiento térmico para exportación Industrias Benabar S.A.

