



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO**

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Departamento de Ciencias Económico Administrativas

**REPORTE FINAL PARA ACREDITAR LA RESIDENCIA PROFESIONAL DE LA
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

PRESENTA:

FRANCISCO JAVIER VALENCIANO PEDROZA

PROYECTO:

***“IMPLEMENTACIÓN DE ESTACIONES DE TRABAJO PARA DISMINUIR RESTRICCIONES
EN EL EMPAQUE DE PRODUCTO PENSADO”***

EMPRESA:

Orotex Industrial de Aguascalientes S de RL de CV



Nombre del asesor externo
Ing. Juan Pablo Moreno

Nombre del asesor Interno
Felipe Aguilar Espinoza

Diciembre 2023



Tabla de contenido

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES	3
1. PORTADA	3
2. Agradecimientos.	3
3. Resumen.	4
Lista de Tablas	5
Lista de Figuras	5
CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO	6
5. Introducción	6
7. Problemas a Resolver, Priorizándolos	12
8. Justificación	14
9. Objetivos (General y Específicos).....	15
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO	17
10. Marco Teórico (fundamentos teóricos).	17
10.1 LA ADMINISTRACIÓN	17
10.2 LA INGENIERÍA: CIENCIA APLICADA PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS	17
10.3 REINGENIERÍA EN PROCESOS.....	18
10.4 OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL EMPAQUE DE PRODUCTOS: REDUCCIÓN DE COSTOS Y SOSTENIBILIDAD	19
10.5 LEAN MANUFACTURING: OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PARA LA EFICIENCIA OPERATIVA.....	20
10.6 SIX SIGMA: ESTRATEGIA PARA LA MEJORA CONTINUA	21
10.7 ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN PROCESOS DE EMPAQUE ...	22
10.8 BALANCEO DE LÍNEAS EN PROCESOS DE MANUFACTURA	23
CAPÍTULO 4: DESARROLLO	24
11. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.	24
Necesidad de un Estudio de Tiempos y Movimientos	26
Propuesta de Mejora en el Proceso: Separación de Etapas de Prensado y Empaque para Optimización de la Eficiencia	26
Cronograma de actividades.....	27
Calculo de Tatk-Time	27
Evaluación de Separación de Procesos (Reingeniería)	29



<i>Tiempos de prensa</i>	32
<i>Tiempos de empaque</i>	34
<i>Rediseño de Layout</i>	43
Layout de empaque	49
Layout de prensa	50
Implementación de mesas de trabajo.....	52
CAPÍTULO 5: RESULTADOS	53
12. <i>Resultados</i>	53
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES	55
13. <i>Conclusiones del Proyecto</i>	55
CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS	56
14. <i>Competencias desarrolladas y/o aplicadas.</i>	56
CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN	57
15. <i>Fuentes de información</i>	57
CAPÍTULO 9: ANEXOS	58
17. <i>Anexos</i>	58

CAPÍTULO 1: PRELIMINARES

1. PORTADA

2. Agradecimientos.

Agradezco primeramente y profundamente a mi madre, María del Carmen, quien ha sido mi ejemplo de vida y perseverancia.

A mi hermosa familia, mi esposa María Inés por apoyarme en todo momento, por la paciencia infinita que ha tenido para que yo pueda llegar a hasta este momento.

Agradezco a mi gran amigo Saúl Ortiz que si no fuera por él yo no hubiera sido parte de ninguno de estos momentos tan maravillosos.



Quiero agradecer sumamente a la empresa Orotex Industrial que me dio la oportunidad de continuar mis estudios universitarios.

También estoy muy agradecido con mis compañeras del Tecnológico de Pabellón, quienes en muchos momentos nos apoyamos entre sí para no desistir.

Felicito y agradezco al tecnológico por brindar luz a las muchas generaciones anteriores y venideras, por abrigarnos con sus brazos de concreto, y venas de conocimiento.

3. Resumen.

Durante mi residencia profesional, llevé a cabo un exhaustivo análisis y mejora del proceso de producción en la empresa. La investigación se centró en optimizar la eficiencia y la capacidad de la línea de producción, comenzando con la separación de la prensa y el empaque para eliminar cuellos de botella. Mediante el análisis de la capacidad subutilizada de la maquinaria, se identificó un potencial de aumento de la producción en un 69.6%. Además, se propusieron estrategias para reducir los tiempos ciclos y optimizar el balanceo de líneas, utilizando plantillas específicas para cada componente. La estandarización de estaciones de trabajo demostró una reducción significativa en la necesidad de turnos extras durante picos de demanda. La implementación de un proceso más estructurado también mejoró la calidad del producto final al reducir errores causados por la falta de flexibilidad en el proceso anterior.

Este proyecto integró habilidades analíticas, técnicas y de gestión para proponer soluciones concretas. Se enfocó en la mejora continua de procesos, ofreciendo recomendaciones claras y detalladas para optimizar la eficiencia operativa, minimizar tiempos muertos y elevar la calidad del producto final. Los resultados y las propuestas presentadas en este informe son fundamentales para una optimización a largo plazo de la producción en la empresa, además de proporcionar una base sólida para futuras investigaciones y mejoras continuas en el proceso.



Lista de Tablas

Tabla 1 Capacidad potencial de la prensa por minuto.....24
 Tabla 2 Capacidad de la prensa conforme a el tiempo establecido.....24
 Tabla 3 Capacidad desperdiciada de la prensa.....25
 Tabla 4 Takt-Time de números de parte29
 Tabla 5 Valoración del trabajo.....34
 Tabla 6 Lista sintetizada de tiempos estándar38
 Tabla 7 Forecast del Número de parte A 167 682 200141
 Tabla 8 Resumen de horas necesarias, semana 27 a 35.....42
 Tabla 9 Resumen de horas necesarias, semana 36 a 51.....43
 Tabla 10 Demanda de producción, anual, mensual y semanal45
 Tabla 11 propuesta 1 de balanceo de línea45
 Tabla 12 Elaboración propia. Plantilla de balanceo de línea parte 147
 Tabla 13 Elaboración propia. Plantilla de balanceo de línea parte 248
 Tabla 14 Elaboración propia. Plantilla de balanceo de línea parte 349

Lista de Figuras

Figura 1 Historia de Orotex 7
 Figura 2. Filosofía de Orotex..... 9
 Figura 3. Organigrama de la empresa.....10
 Figura 4. Imagen de números de parte de piezas de DFA12
 Figura 5. Layout actual del proceso prensa y empaque DFA27
 Figura 6 imagen representativa del calculo del TAKT-TIME28
 Figura 7 Prensa y mesa de empaque condición actual30
 Figura 8 Mesa de empaque30
 Figura 9 Prensa con carrito para plantillas30
 Figura 10 Elaboración Propia 2023, Diagrama de flujo del proceso de prensa31
 Figura 11 Proceso de empaque32
 Figura 12 Formula para tamaño de la muestra.....32
 Figura 13 Registro y cálculo de tiempos de prensado33
 Figura 14 Sistema de suplementos por descanso.....34
 Figura 15 Layout después de la separación de procesos.....36
 Figura 16 Layout propuesto para disminuir traslados de material37
 Figura 17 Registro y cálculo de tiempo estándar de No. parte A 167 692 230037
 Figura 18 Pieza sin excedentes38
 Figura 19 Pieza con excedentes39
 Figura 20 Sintesis de mesas necesarias por semana parte 139
 Figura 21 Sintesis de mesas necesarias por semana parte 239
 Figura 22 Propuesta de Layout global.....44
 Figura 23 Propuesta de Layout de mesas de empaque50



Figura 24 Propuesta para el área de prensa51
 Figura 25 Layout propuesta prensa y empaque52
 Figura 26 Implementación de mesas de trabajo.....53

CAPÍTULO 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO

5. Introducción

En un mundo donde la eficiencia y la competitividad son elementos fundamentales para el éxito de las organizaciones, la mejora continua de los procesos internos se vuelve esencial. En este contexto, el presente proyecto de residencias se enfoca en abordar un desafío común que enfrentan muchas empresas: la optimización del proceso de empaque y la reducción de tiempos de ciclo. Esta iniciativa surge como respuesta a la necesidad de mejorar la eficiencia operativa en Orotex industrial y busca implementar soluciones prácticas y efectivas.

El empaque desempeña un papel crítico en la cadena de suministro y la satisfacción del cliente. La calidad del empaque, la velocidad de empaquetado y la precisión en la preparación de los productos para su envío son factores determinantes para garantizar entregas oportunas y satisfactorias. Sin embargo, en muchas ocasiones, los procesos de empaque pueden ser ineficientes y propensos a retrasos, lo que afecta negativamente tanto a la empresa como a sus clientes.

En este proyecto, exploraremos en detalle las diversas facetas de la optimización del proceso de empaque y la implementación de mesas de trabajo diseñadas para mejorar la productividad y reducir los tiempos de ciclo. Analizaremos las prácticas actuales en Orotex, revisaremos las mejores prácticas de la industria y propondremos un plan estratégico para llevar a cabo estas mejoras de manera efectiva.

A lo largo de estas páginas, examinaremos los pasos clave que comprenden este proyecto, desde la investigación inicial hasta la implementación y el seguimiento de los resultados. Nuestro objetivo principal es proporcionar a Orotex una hoja de ruta sólida

para lograr una mayor eficiencia en el empaque y, en última instancia, aumentar la satisfacción del cliente y la competitividad en el mercado.

Sin duda, la optimización del empaque y la reducción de tiempos de ciclo son objetivos ambiciosos, pero con una estrategia bien planificada y la colaboración de todos los involucrados, estamos convencidos de que pueden lograrse con éxito. Este proyecto representa un paso hacia adelante en la búsqueda constante de la excelencia operativa, y estamos entusiasmados por compartir nuestros hallazgos y logros con la comunidad de Orotex dentro de Aguascalientes.

6. Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo del residente.

IIDA INDUSTRY CO., fundada en 1954 en la ciudad de Nagoya, Japón, cuenta hasta la fecha con 7 sitios de producción en 6 diferentes países.

La alta demanda y el visible crecimiento dentro del rubro automotriz fueron las razones principales por las que nace la oportunidad de invertir en un país como México.

Siguiendo una estrategia de expansión de negocios con diferentes OEM's presentes en las partes Norte y Sur de América. A su vez promoviendo la localización no solo de procesos sino también de productos con el fin de ser más competitivos en un mercado local.

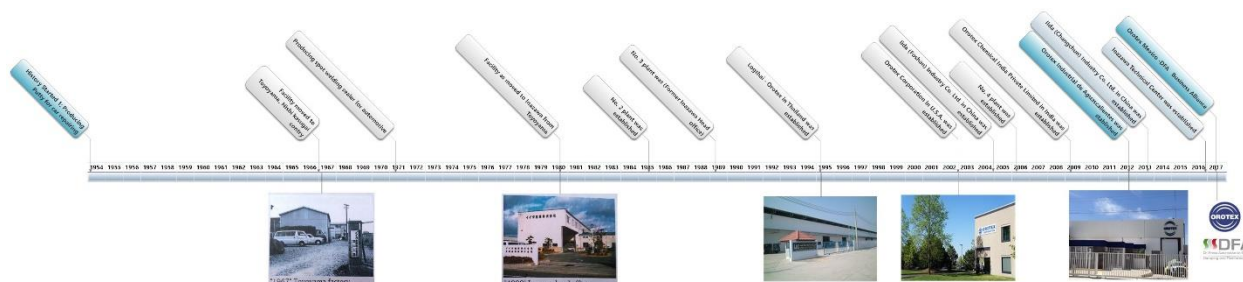


Figura 1 Historia de Orotex



INSTALACIONES

Dentro de los 10,000 m² de construcción, propiedad de OROTEX Industrial de Aguascalientes, se cuenta con equipo necesario para realizar procesos de producción in-house tales como Mezclado, Extrusión e Inyección.

Misión: Garantizar la satisfacción de nuestros clientes, a través de la fabricación de productos de la más alta calidad.

Visión: Posicionarnos como una empresa líder en el rubro automotriz proveyendo, innovando y diversificando productos de calidad en un extraordinario ambiente de trabajo.

Filosofía de Orotex

La empresa se maneja por una estructura similar a la casa Lean Manufacturing en cuanto a valores. (Ver figura 2)



Figura 2. Filosofía de Orotex

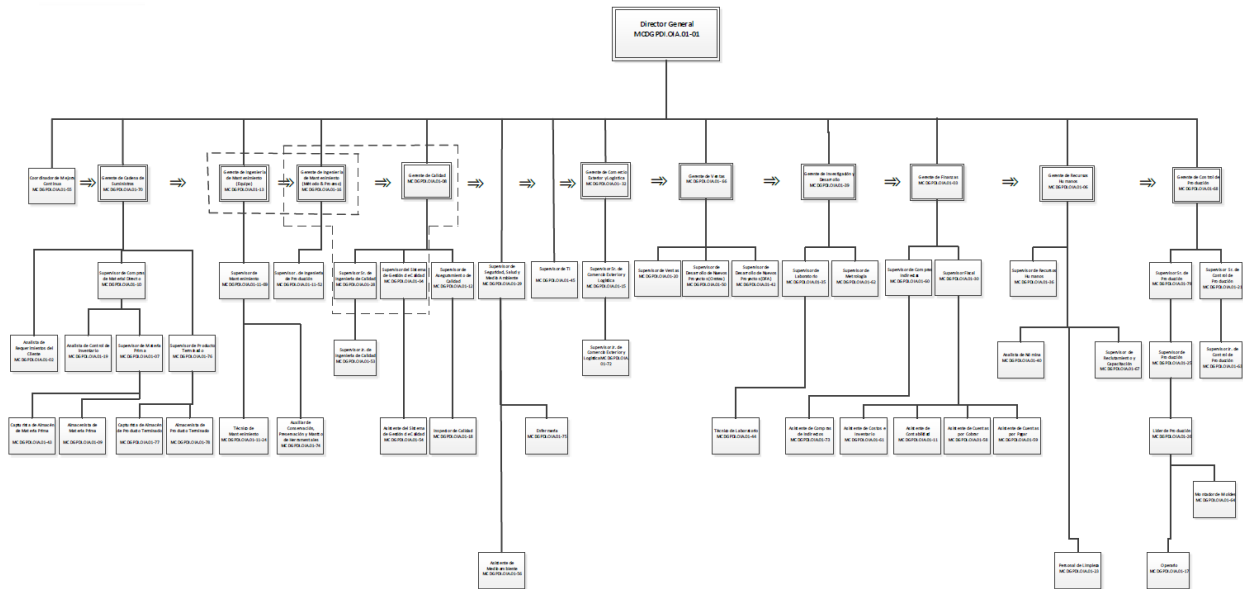
Objetivos: El compromiso de la calidad de Orotex es manufacturar y comercializar productos requeridos por la industria automotriz que cumplan los requisitos especificados por nuestros clientes, con los objetivos de calidad, seguridad en las operaciones y siguiendo con la filosofía de la mejora continua.

Descripción de la Empresa: Fabricante de material de insonorización, materiales de amortiguación de vibraciones y sellos automotrices. Dentro de los 10,000 m2 de construcción, propiedad de OROTEX Industrial de Aguascalientes, se cuenta con equipo necesario para realizar procesos de producción in-house tales como Mezclado, Extrusión e Inyección.

Cuenta con convenio con la empresa DFA

Siendo parte de una compañía Global, OROTEX busca alianzas estratégicas con sus empresas hermanas permitiéndonos reducir los riesgos de producción y a su vez a crear una cultura transnacional promoviendo la sociedad entre compañías incrementando nuestra visión de negocio y nuestra capacidad productiva.

Organigrama: (Ver figura 2)



Mayra Regalado Lujan
Gerente de Recursos Humanos
Elaboró

Jahir Macías Rivera
Director General
Aprobó

Ultima actualización: 27/02/2023

Figura 3. Organigrama de la empresa

Áreas de la Empresa:

Cadena de suministros: se encarga de comprar materias primas, proveer a las áreas productivas, así como el embarque y envío de los productos fabricados en Orotex.

Control de la producción: Se encarga de planificar la producción conforme a órdenes de compra de los clientes, transforma las materias primas en productos semiterminados y terminados.



Calidad: Son los filtros, para evitar enviar producto no conforme al cliente final, que se conforman desde la gerencia de calidad, ingeniería de calidad, sistema de gestión la calidad hasta los inspectores de piso.

Ingeniería de calidad: Se encargan de recibir y gestionar los reclamos del cliente, así como de gestionar los cambios de 4M's, cambios de ingeniería, actualización de Plan control, AMEF de proceso, diagrama de flujo.

Ingeniería de producción: Son los encargados de generar las condiciones necesarias para la optimización de los procesos productivos, así como de gestionar la documentación necesaria para que el colaborador pueda realizar el trabajo estandarizado, arranque de líneas y validación de nuevos proyectos.

Mantenimiento: Llevan a cabo el Mantenimiento preventivo total (mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo).

Servicios/Productos Principales: La empresa manufactura y comercializa productos isonorizantes, absorbentes de vibraciones y endurecedores de paneles y partes de carrocerías, estos están fabricados en base a caucho, asfalto o resinas plásticas, en el caso del proyecto a realizar se tomarán los productos en base al asfalto, el cual se mezcla con otros polvos químicos, y sea realiza una masa similar a la cinta asfáltica que se ve en las carreteras.

Área de DFA: En esta área se fabrican laminas asfálticas, en base a asfalto, las cuales dan rigidez y absorción de ruido y vibraciones en los automóviles.

Principales Clientes: BMW, Mercedes Benz, Volkswagen, Subaru.



Figura 4. Imagen de números de parte de piezas de DFA

Área de Residencia Profesional o Puesto del Residente: Ingeniería de proceso y método

Puesto del Residente: Supervisor de ingeniería de proceso y método.

Descripción del Puesto: Analizar y reducir cuellos de botella, realizar estudio de tiempos y movimientos, analizar y optimizar los procesos involucrados.

Requisitos y Expectativas: Se requiere que sea analítico, con capacidad de toma de decisiones, que tenga buena comunicación y gestión de tareas y tiempo, proactividad y disponibilidad, resiliencia, paciencia. Se requieren conocimientos previos en estudio de tiempos y movimientos, manejo de Autocad, y manejo de paquetería Office, conocimientos básicos de Lean manufacturing.

7. Problemas a Resolver, Priorizándolos

La empresa Orotex enfrenta desafíos significativos en su proceso de empaque, originados en parte por decisiones basadas en suposiciones en lugar de datos concretos. Estos problemas críticos han sido identificados como sigue, priorizados en función de su impacto en la eficiencia y la productividad:

Problema 1: Paradas Constantes en la Prensa

Prioridad: Alta

El problema más apremiante radica en las paradas constantes en la prensa. Estas interrupciones en la producción han surgido debido a suposiciones previas sobre la velocidad de la prensa en lugar de un estudio de tiempos adecuado. Las paradas constantes tienen un impacto inmediato en la eficiencia y la capacidad de producción. Abordar este problema es prioritario para minimizar las pérdidas de tiempo y recursos, así como para restablecer la operación continua.

Problema 2: Aumento de los Tiempos de Ciclo

Prioridad: Alta

El aumento en los tiempos de ciclo es otro desafío crítico. Esto afecta directamente la producción y reduce la capacidad de respuesta a la demanda del mercado. La decisión de reducir la velocidad de la prensa basada en suposiciones ha tenido un impacto negativo en la eficiencia global. Reducir los tiempos de ciclo es esencial para mejorar la eficiencia y la competitividad.

Problema 3: Ineficiencia en la Asignación de Recursos Humanos

Prioridad: Moderada

La asignación ineficiente de recursos humanos, si bien no tiene un impacto inmediato en la producción, es un problema significativo. Se ha observado una presión adicional sobre el personal debido a las paradas constantes. Abordar este problema es fundamental para optimizar la utilización a largo plazo de la fuerza laboral y mejorar las condiciones de trabajo.

Problema 4: Calidad del Empaque Comprometida

Prioridad: Moderada

La calidad del empaque se ha visto comprometida debido a las paradas constantes y a la presión sobre el personal. Aunque no es un problema inmediato, afecta la imagen de la empresa y la satisfacción del cliente. Abordar este problema es esencial para mantener la reputación de la empresa y la lealtad de los clientes.

Problema 5: Desperdicio de Materiales y Energía

Prioridad: Baja

El desperdicio de materiales y energía, aunque importante, tiene un impacto menos inmediato en la producción. Sin embargo, es crucial abordarlo de manera efectiva una vez que se hayan resuelto los problemas más críticos, como las paradas constantes y la ineficiencia en los tiempos de ciclo.

La priorización de estos problemas se basa en la urgencia y el impacto directo en la eficiencia y la productividad. Los problemas 1 y 2 son de alta prioridad, ya que requieren atención inmediata para lograr mejoras significativas en el proceso de empaque. Los problemas 3 y 4 son de importancia moderada, y el problema 5 puede abordarse en una etapa posterior una vez que se hayan resuelto los problemas más críticos. Estos problemas son el resultado de decisiones basadas en suposiciones previas, lo que resalta la necesidad de un enfoque más fundamentado en datos para la toma de decisiones en el futuro.

8. Justificación

La solución de los problemas identificados en este proyecto reviste una importancia crítica para Orotex. Estos problemas afectan directamente la eficiencia y la competitividad de la empresa, y su resolución conlleva una serie de beneficios sustanciales.

La optimización del proceso de empaque y la reducción de los tiempos de ciclo son esenciales para la empresa por varias razones fundamentales. En primer lugar, la sincronización mejorada entre el proceso de prensa y empaque permite un flujo de trabajo más fluido y constante, evitando retrasos y cuellos de botella en la producción. Esto se traduce en una capacidad de producción más eficiente y en tiempos de entrega más cortos, lo que satisface las demandas del mercado y aumenta la competitividad de la empresa.

Además, la solución de estos problemas conlleva un aumento en la calidad del producto y la reducción del desperdicio. Al mejorar la organización y la eficiencia en el área de empaque, se reduce la probabilidad de errores y se minimiza la generación de scrap, lo que, a su vez, se traduce en ahorros significativos en costos de producción.

En términos de beneficios cuantificables, se espera que la empresa logre un aumento en la capacidad de producción, lo que resultará en un aumento en los ingresos y una reducción de los costos operativos debido a una gestión más eficiente de los recursos. Además, los tiempos de ciclo más cortos permitirán una mayor flexibilidad para satisfacer las fluctuaciones en la demanda del mercado, lo que puede llevar a una mayor captación de clientes y, en última instancia, a un aumento de la cuota de mercado.

Para el residente, la realización de este proyecto implica el desarrollo de habilidades cruciales en el entorno empresarial. Estas habilidades incluyen la capacidad de identificar problemas y diseñar soluciones efectivas, la habilidad para gestionar proyectos complejos y trabajar en equipo, y la capacidad de implementar mejoras en procesos industriales. Además, el residente adquirirá una comprensión profunda de la importancia



de la eficiencia y la mejora continua en el contexto empresarial, lo que será valioso para su desarrollo profesional futuro.

9. Objetivos (General y Específicos)

Objetivo General

Optimizar los procesos de empaque en la empresa en un 20% en la empresa Orotex Industrial de Aguascalientes para aumentar la eficiencia y la productividad, reducir los tiempos de ciclo un 20%, mejorar la calidad del empaque en un 95% y minimizar los desperdicios de recursos un 15%.

Este objetivo general se centra en la mejora global de los procesos de empaque, abordando los problemas identificados y buscando un cambio significativo en la eficiencia y la calidad del empaque, al tiempo que se reducen los tiempos de ciclo y los desperdicios. Los objetivos específicos que formule a continuación se alinearán con este objetivo general y definirán tareas y metas más concretas para lograr esta mejora integral en los procesos de empaque.

Objetivos Específicos

Objetivo Específico 1: Reducción de Paradas en la Prensa

Indicador de Éxito: Disminución de las paradas no programadas en la prensa en un 30% en los primeros seis meses.

Acciones Propuestas: Implementación de mantenimiento preventivo, revisión y ajuste de la maquinaria, y capacitación del personal en la operación de la prensa.

Objetivo Específico 2: Disminución de los Tiempos de Ciclo

Indicador de Éxito: Reducción de los tiempos de ciclo promedio en un 20% en los primeros seis meses.



Acciones Propuestas: Realización de un estudio de tiempos y movimientos para identificar las ineficiencias en el proceso y la optimización de la secuencia de trabajo.

Objetivo Específico 3: Optimización de la Asignación de Recursos Humanos

Indicador de Éxito: Mejora del equilibrio en la asignación de tareas, reduciendo las horas extras en un 15% en los primeros seis meses.

Acciones Propuestas: Revisión y ajuste de las asignaciones de trabajo, capacitación en la gestión eficiente de recursos humanos y la implementación de una programación de trabajo más efectiva.

Objetivo Específico 4: Restauración de la Calidad del Empaque

Indicador de Éxito: Aumento en la tasa de calidad del empaque al 95% o superior en los primeros seis meses.

Acciones Propuestas: Capacitación del personal en técnicas de empaque de alta calidad, revisión de los estándares de calidad y seguimiento riguroso de los procedimientos de empaque.

Objetivo Específico 5: Reducción del Desperdicio de Materiales y Energía

Indicador de Éxito: Reducción del desperdicio de materiales y energía en un 15% en los primeros seis meses.

Acciones Propuestas: Implementación de prácticas de gestión de desperdicios, uso eficiente de materiales y energía, y seguimiento de indicadores clave de rendimiento.

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

10. Marco Teórico (fundamentos teóricos).

10.1 LA ADMINISTRACIÓN

La gestión administrativa constituye un pilar fundamental en el manejo organizacional, abarcando una amplia gama de enfoques, teorías y prácticas. Según Robbins y Coulter (2017), se define como el proceso de planificar, organizar, dirigir y controlar los recursos de una entidad para lograr sus metas de manera eficiente y eficaz. La eficacia administrativa radica en el logro de los objetivos establecidos, mientras que la eficiencia se relaciona con alcanzar estos objetivos con la menor cantidad de recursos posible (Koontz & Wehrich, 2016).

Fayol (1949), en su teoría clásica, postula cinco funciones administrativas: planificación, organización, dirección, coordinación y control, influenciando considerablemente la percepción de la administración como un conjunto de actividades interconectadas.

La teoría de la contingencia, desarrollada por autores como Lawrence y Lorsch (1967), subraya la inexistencia de un método único de gestión aplicable a todas las organizaciones o situaciones. En lugar de ello, enfatiza la necesidad de ajustar las prácticas administrativas a las circunstancias específicas de la organización y su entorno.

Likert (1967) destaca la administración participativa, centrada en la colaboración y participación de los empleados en la toma de decisiones y la gestión, lo que se cree puede elevar la moral del personal y mejorar la eficacia organizacional.

En la gestión actual, se han enfocado conceptos como liderazgo, gestión del cambio, toma de decisiones, gestión del conocimiento e innovación. Autores como Drucker (2007) han enfatizado la relevancia de la administración basada en el conocimiento y la adaptación continua.

10.2 LA INGENIERÍA: CIENCIA APLICADA PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS

La ingeniería es un campo multidisciplinario que aplica principios científicos y conocimientos técnicos para diseñar, construir, operar y mantener estructuras, dispositivos, sistemas y procesos que satisfagan las necesidades de la sociedad (Castro

& Sandoval, 2014). Se caracteriza por su enfoque práctico y su capacidad para resolver problemas complejos de manera creativa y efectiva.

Según Rodríguez & Moreno (2018), la ingeniería abarca diversas ramas especializadas, como la ingeniería civil, mecánica, eléctrica, química, entre otras, cada una centrada en áreas específicas de aplicación. Esta diversidad refleja la versatilidad y amplitud de la ingeniería en la resolución de desafíos en diferentes ámbitos, desde la construcción de infraestructuras hasta el desarrollo de tecnologías avanzadas.

Un aspecto fundamental de la ingeniería es el proceso de diseño, que implica la conceptualización, planificación y creación de soluciones técnicas (Hernández, 2016). Este proceso se fundamenta en la aplicación de principios matemáticos, científicos y tecnológicos para innovar y desarrollar productos, sistemas o servicios que mejoren la calidad de vida y la eficiencia en diversos sectores.

La ingeniería no solo se centra en la creación de soluciones técnicas, sino que también considera aspectos éticos, sociales y ambientales (Gómez, 2017). Los ingenieros asumen la responsabilidad de garantizar que sus proyectos sean seguros, sostenibles y beneficiosos para la sociedad en general, considerando el impacto humano y medioambiental de sus creaciones.

10.3 REINGENIERÍA EN PROCESOS

La reingeniería es un enfoque que va más allá de simples mejoras incrementales en los procesos empresariales. Se trata de una revisión fundamental y un rediseño radical de estos procesos con el objetivo de lograr mejoras espectaculares en los rendimientos y resultados de la organización (M & Stanton, 1997).

En lugar de quedarse atado a las prácticas tradicionales de la administración industrial, la reingeniería implica empezar de nuevo, cuestionar lo que se ha dado por sentado durante años y adoptar un enfoque fresco y audaz. Esto implica dejar de lado estructuras organizativas obsoletas, como departamentos, divisiones y grupos, y centrarse en cómo se puede organizar el trabajo de manera más eficiente y efectiva en el contexto actual de mercados dinámicos y tecnologías avanzadas (Hammer & Champy, 1994).

La reingeniería busca una reestructuración radical de los procesos de una empresa, su organización y su cultura. Su objetivo no es simplemente mejorar el negocio mediante

pequeños avances, sino lograr un salto exponencial en el rendimiento, una mejora que podría ser del 100% o incluso diez veces mayor, a través de la implementación de procesos de trabajo y estructuras completamente nuevas (Hammer & Champy, 1994).

En el contexto de nuestro proyecto de residencia, la reingeniería se presenta como una herramienta esencial para abordar los problemas identificados en el proceso de empaque y la sincronización con el proceso de prensa. Al adoptar un enfoque de reingeniería, buscamos no solo mejorar, sino transformar radicalmente estos procesos, maximizando la eficiencia y reduciendo los tiempos de ciclo de manera significativa. Esto nos permitirá adaptarnos mejor a las demandas del mercado actual y lograr una mejora drástica en nuestros resultados.

10.4 OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL EMPAQUE DE PRODUCTOS: REDUCCIÓN DE COSTOS Y SOSTENIBILIDAD

El empaque de productos no solo cumple la función de proteger y presentar los artículos, sino que también incide significativamente en los costos operativos y en el impacto ambiental de las empresas (Jiménez, 2015). La eficiencia en el empaque se relaciona con la reducción de desperdicio de materiales, la maximización del espacio y la minimización de costos logísticos, elementos que tienen un impacto directo en la rentabilidad y sostenibilidad de las organizaciones (Villa & Ochoa, 2017).

Una de las áreas clave para mejorar la eficiencia en el empaque es la estandarización y optimización de tamaños y materiales (Rodríguez, 2018). Utilizar empaques adecuados en dimensiones y materiales contribuye a reducir el desperdicio de recursos y a minimizar los espacios vacíos en los envíos, optimizando el proceso logístico y disminuyendo costos asociados al transporte.

Además, la implementación de tecnologías innovadoras en el diseño de empaques sostenibles y funcionales puede ser un factor determinante (García & Pérez, 2020). El uso de materiales biodegradables o reciclables no solo contribuye a reducir el impacto

ambiental, sino que también puede mejorar la percepción de la marca por parte de los consumidores, generando una ventaja competitiva (Hernández, 2019).

La eficiencia en el empaque no solo se traduce en ahorros económicos, sino que también tiene un impacto positivo en la huella ambiental de las empresas, siendo un factor cada vez más relevante en un contexto global orientado hacia la sostenibilidad y la reducción del impacto ecológico (Gutiérrez & Ramírez, 2016).

10.5 LEAN MANUFACTURING: OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PARA LA EFICIENCIA OPERATIVA

El Lean Manufacturing, conocido también como Sistema de Producción Lean, representa un enfoque gerencial que ha transformado significativamente la manera en que se concibe y ejecuta la producción en numerosas industrias (García Alcaraz, Durán Martínez, & Romero Espinoza, 2015). Originado en Japón y popularizado por Toyota, este modelo se centra en maximizar el valor para el cliente mientras se minimizan los desperdicios en los procesos productivos.

Una de las contribuciones fundamentales en la literatura académica sobre Lean Manufacturing proviene del trabajo de García Alcaraz, Durán Martínez y Romero Espinoza (2015), quienes destacan la importancia de este sistema como un camino claro hacia la eficiencia operativa. Estos autores resaltan cómo el Lean Manufacturing ha sido implementado con éxito en la industria manufacturera, proporcionando evidencia sólida de su impacto positivo en la reducción de costos y la mejora continua de la calidad.

Otra valiosa contribución se encuentra en la investigación realizada por González López, López Cervantes y Rangel Hernández (2012), quienes ofrecen un análisis detallado de la aplicación específica del Lean Manufacturing en la industria del mueble. Su estudio de caso destaca cómo la implementación adecuada de este enfoque puede generar mejoras significativas en la eficiencia de los procesos y la satisfacción del cliente en un contexto particularmente desafiante.

Olivares García y Hernández Contreras (2018) abordan el Lean Manufacturing desde una perspectiva sistémica, destacando la importancia de considerar todos los elementos del proceso productivo en conjunto. Argumentan que este enfoque holístico es esencial para una implementación exitosa y sostenible del Lean Manufacturing en organizaciones de diversos sectores industriales.

En el ámbito de la reducción de desperdicios, Cuéllar Fernández, García Alcaraz y Rangel Hernández (2014) proporcionan una visión detallada de cómo el Lean Manufacturing aborda la minimización de actividades que no agregan valor al producto final. Su estudio destaca cómo la identificación y eliminación de desperdicios, conocidos como "muda" en la terminología japonesa, constituyen un pilar fundamental para mejorar la eficiencia y la rentabilidad de las operaciones.

10.6 SIX SIGMA: ESTRATEGIA PARA LA MEJORA CONTINUA

Six Sigma es una metodología de gestión que se enfoca en la mejora continua de los procesos, centrándose en la reducción de la variabilidad y la eliminación de defectos hasta alcanzar niveles mínimos de error (Pérez López & Gómez Fernández, 2009). Esta estrategia se basa en un enfoque data-driven que busca reducir la variabilidad en los procesos a través de la aplicación de métodos estadísticos y herramientas específicas (Pyzdek & Keller, 2014).

Pérez López y Gómez Fernández (2009) argumentan que Six Sigma se ha convertido en una herramienta crucial para las organizaciones que buscan mejorar la calidad y eficiencia de sus procesos. La metodología se apoya en un ciclo de mejora continua conocido como DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), que proporciona un marco estructurado para abordar y resolver problemas, desde la identificación hasta la implementación de soluciones efectivas.

La implementación exitosa de Six Sigma requiere el compromiso desde la alta dirección hasta el nivel operativo (Pande, Neuman & Cavanagh, 2000). Esta estrategia se enfoca en la formación de equipos multifuncionales y capacitados, conocidos como equipos Six Sigma, quienes se encargan de identificar problemas, recolectar datos relevantes y aplicar herramientas estadísticas para mejorar los procesos existentes (Hernández, 2012).

En su obra, Pyzdek y Keller (2014) proporcionan una guía detallada sobre la implementación de Six Sigma, enfocándose en la aplicación práctica de las herramientas estadísticas y metodologías clave. Destacan la importancia de la integración de Six Sigma en la cultura organizacional para lograr mejoras sostenibles y duraderas en la calidad y eficiencia de los procesos.

10.7 ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN PROCESOS DE EMPAQUE

El estudio de tiempos y movimientos es una técnica esencial en la gestión de operaciones que busca analizar y mejorar la eficiencia de los procesos de empaque en la industria. Esta metodología se basa en la observación sistemática y el análisis detallado de cada paso del proceso para identificar oportunidades de optimización.

Según Barnes (1980), el estudio de tiempos y movimientos implica la medición precisa de los tiempos requeridos para llevar a cabo tareas específicas en el proceso de empaque. Este autor destaca la importancia de descomponer cada tarea en elementos de movimiento básicos para lograr mediciones precisas.

El Método de Tiempos Predeterminados (MTM), desarrollado por Maynard (1977), es una técnica ampliamente utilizada en el estudio de tiempos y movimientos. MTM permite analizar y estandarizar los tiempos requeridos para tareas específicas mediante la descomposición en elementos de movimiento básicos. Esto facilita la identificación de ineficiencias y la optimización de los procesos de empaque.

En el contexto de la ergonomía y el diseño de puestos de trabajo, Dul y Weerdmeester (2019) resaltan la importancia de aplicar principios ergonómicos al estudio de tiempos y movimientos. Considerar la comodidad y la seguridad de los trabajadores durante el empaque es esencial para mejorar la eficiencia y prevenir lesiones laborales.

10.8 BALANCEO DE LÍNEAS EN PROCESOS DE MANUFACTURA

El balanceo de líneas es una estrategia fundamental en la manufactura, que busca distribuir equitativamente las tareas entre estaciones de trabajo para maximizar la eficiencia y minimizar los cuellos de botella en la producción (Martínez, 2015). Este proceso implica la asignación adecuada de tareas, tiempos y recursos para cada estación, con el objetivo de optimizar el flujo de trabajo y evitar tiempos ociosos o excesivos en las operaciones (Romero & García, 2018).

Según Rodríguez y Delgado (2016), el balanceo de líneas persigue reducir los tiempos muertos y minimizar el desequilibrio entre estaciones, lo que contribuye a aumentar la productividad y a reducir los costos de fabricación. La implementación efectiva de un balanceo de líneas se apoya en el análisis detallado de la demanda, la variabilidad de procesos y la capacidad de las estaciones de trabajo (González, 2017).

La metodología de balanceo de líneas se fundamenta en técnicas como el uso de diagramas de precedencia, el cálculo de tiempos estándar y el empleo de algoritmos heurísticos (Sánchez & Pérez, 2020). Estas herramientas facilitan la distribución óptima de tareas, minimizando los tiempos de ciclo y maximizando la utilización de recursos disponibles en el proceso de fabricación.

En la práctica, el balanceo de líneas se ha convertido en un componente crucial para mejorar la eficiencia en la manufactura, especialmente en industrias como la automotriz, electrónica y textil, entre otras (Hernández & Martín, 2019). La aplicación efectiva de esta técnica permite a las empresas aumentar su competitividad al reducir costos, mejorar la calidad y cumplir con los tiempos de entrega.

CAPÍTULO 4: DESARROLLO

11. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

En el análisis inicial del proceso de empaque de los 52 números de parte, se detectó una discrepancia entre la velocidad de producción real de la prensa y la capacidad de empaque establecida. La prensa tiene una capacidad de 7 ciclos por minuto, lo que implica una producción potencial de 12,600 piezas por hora (Tabla 1).

Número de parte	Cavidades por suaje	Ciclos por minuto	Piezas por minuto
A 167 682 1901	30	7	210

Tabla 1 Capacidad potencial de la prensa por minuto

Sin embargo, el tiempo de ciclo actualmente estipulado de 2 ciclos por minuto limita la producción a 3,600 piezas por hora (Tabla 2), representando solo el 27% de la capacidad de la prensa. Este análisis revela una clara restricción en el área de empaque que obstaculiza el rendimiento de la prensa.

Número de parte	Cavidades por suaje	Ciclos por minuto	Piezas por minuto
A 167 682 1901	30	2	60

Tabla 2 Capacidad de la prensa conforme a el tiempo establecido

A continuación, se muestra la tabla, donde se puede observar de manera global la capacidad desperdiciada de la prensa por cada número de parte: Ver tabla 3

Número de parte	Cavidades por suaje	Ciclos por minuto prensa	Ciclos por minuto general	Piezas por minuto prensa	Piezas por minuto general	Piezas por hora prensa	Piezas por hora general	Perdida de utilización de prensa
A 167 682 0103	15	7	2	105	30	6300	1800	71.4%
A 167 682 0203	18	7	2	126	36	7560	2160	71.4%
A 167 682 1203	35	7	2	245	70	14700	4200	71.4%
A 167 682 1303	3	7	2	21	6	1260	360	71.4%
A 167 682 1403	3	7	2	21	6	1260	360	71.4%
A 167 682 1503	15	7	2	105	30	6300	1800	71.4%
A 167 682 1603	12	7	2	84	24	5040	1440	71.4%
A 167 682 1703	25	7	2	175	50	10500	3000	71.4%
A 167 682 1803	24	7	2	168	48	10080	2880	71.4%
A 167 682 1901	30	7	2	210	60	12600	3600	71.4%
A 167 682 1903	9	7	2	63	18	3780	1080	71.4%
A 167 682 2001	30	7	2	210	60	12600	3600	71.4%
A 167 682 2003	12	7	2	84	24	5040	1440	71.4%
A 167 682 2103	21	7	2	147	42	8820	2520	71.4%
A 167 682 2203	21	7	2	147	42	8820	2520	71.4%
A 167 682 2303	48	7	2	336	96	20160	5760	71.4%
A 167 682 2403	48	7	2	336	96	20160	5760	71.4%
A 167 682 2503	4	7	2	28	8	1680	480	71.4%
A 167 682 2603	112	7	2	784	224	47040	13440	71.4%
A 167 682 2703	115	7	2	805	230	48300	13800	71.4%
A 167 682 2903	20	7	2	140	40	8400	2400	71.4%
A 167 682 3003	42	7	2	294	84	17640	5040	71.4%
A 167 682 3103	10	7	2	70	20	4200	1200	71.4%
A 167 682 3303	10	7	2	70	20	4200	1200	71.4%
A 167 682 3403	20	7	2	140	40	8400	2400	71.4%
A 167 682 3503	8	7	2	56	16	3360	960	71.4%
A 167 682 3603	8	7	2	56	16	3360	960	71.4%
A 167 682 3703	50	7	2	350	100	21000	6000	71.4%
A 167 682 3803	9	7	2	63	18	3780	1080	71.4%
A 167 682 3903	24	7	2	168	48	10080	2880	71.4%
A 167 682 4003	52	7	2	364	104	21840	6240	71.4%
A 167 682 4103	6	7	2	42	12	2520	720	71.4%
A 167 682 4203	49	7	2	343	98	20580	5880	71.4%
A 167 682 4303	12	7	2	84	24	5040	1440	71.4%
A 167 682 4403	13	7	2	91	26	5460	1560	71.4%
A 167 682 4503	20	7	2	140	40	8400	2400	71.4%
A 167 682 4703	16	7	2	112	32	6720	1920	71.4%
A 167 682 5201	20	7	2	140	40	8400	2400	71.4%
A 167 682 5301	10	7	2	70	20	4200	1200	71.4%
A 167 682 5401	48	7	2	336	96	20160	5760	71.4%
A 167 682 5501	48	7	2	336	96	20160	5760	71.4%
A 167 682 8302	16	5	2	80	32	4800	1920	60.0%
A 167 682 8602	24	5	2	120	48	7200	2880	60.0%
A 167 692 1700	14	5	2	70	28	4200	1680	60.0%
A 167 692 1800	14	5	2	70	28	4200	1680	60.0%
A 167 692 2300	20	5	2	100	40	6000	2400	60.0%
A 167 692 2400	20	5	2	100	40	6000	2400	60.0%
A 167 692 2500	16	5	2	80	32	4800	1920	60.0%
A 167 692 2600	16	5	2	80	32	4800	1920	60.0%

Tabla 3 Capacidad desperdiciada de la prensa

Necesidad de un Estudio de Tiempos y Movimientos

La ausencia de tiempos definidos para el empaque y la asignación aproximada de tiempos ha llevado a esta discrepancia significativa en la capacidad de producción. Es evidente la necesidad de realizar un estudio de tiempos y movimientos exhaustivo para establecer tiempos precisos y mejorar la sincronización entre el prensado y el empaque.

Propuesta de Mejora en el Proceso: Separación de Etapas de Prensado y Empaque para Optimización de la Eficiencia

Se contempla una estrategia de refinamiento del proceso actual mediante la división de las operaciones de prensado y empaque en dos etapas independientes. Esta iniciativa busca capitalizar al máximo la capacidad de la maquinaria de prensado y, simultáneamente, optimizar el proceso de empaque sin las restricciones impuestas por la velocidad de producción.

La separación propuesta permitiría un ajuste más preciso de los parámetros de prensado, asegurando una producción óptima sin comprometer la calidad del producto final. Al liberar el proceso de empaque de la presión temporal impuesta por la sincronización con la prensa, se posibilita la implementación de técnicas de empaque más eficientes y detalladas.

Esta nueva estructuración operativa no solo maximizaría la capacidad productiva de la maquinaria de prensado, sino que también proporcionaría flexibilidad al proceso de empaque. Esta flexibilidad permitiría la adopción de métodos de empaque personalizados y precisos, ajustados a las características específicas de cada producto, lo cual contribuiría a minimizar el desperdicio de materiales y a optimizar la presentación del producto final.

Asimismo, la separación de estas etapas posibilitaría la implementación de sistemas de control de calidad más exhaustivos y específicos para cada fase del proceso. Esto redundaría en una mayor garantía de la calidad del producto y en la detección temprana de posibles fallos o defectos, optimizando la eficiencia global del proceso.

Limitaciones del Layout Actual

El diseño del Layout actual presenta limitaciones, ya que la saturación de la mesa de trabajo detiene la prensa, generando tiempos muertos y afectando la productividad. Además, la falta de un proceso estandarizado y la ausencia de indicaciones claras sobre las tareas de cada operador han generado inconsistencias en la operación (Figura 5).

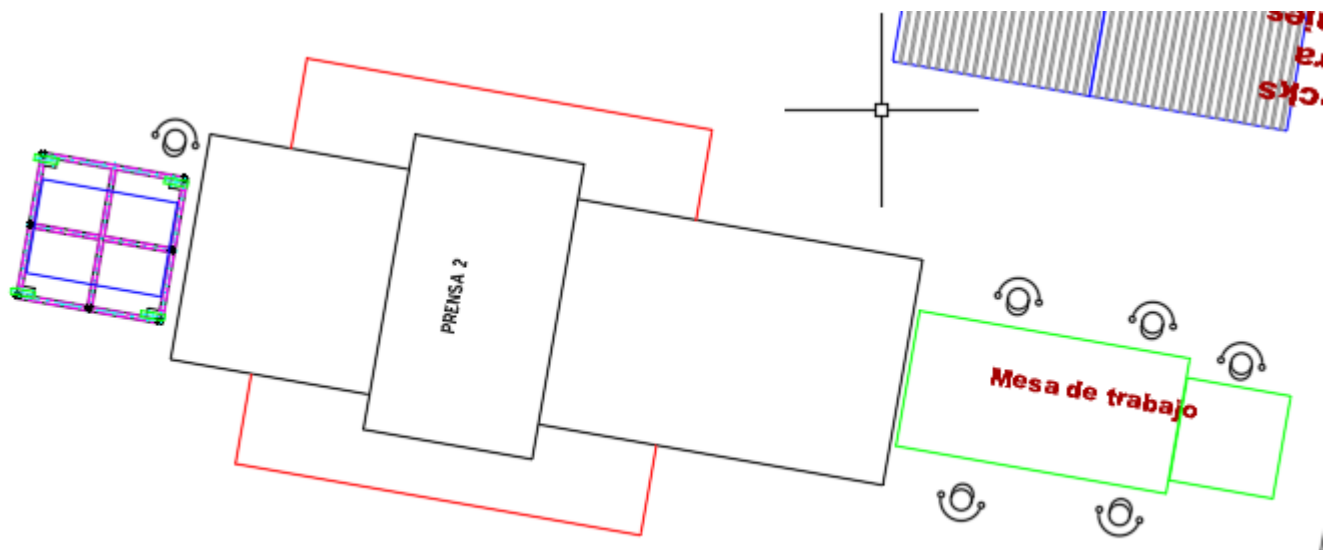


Figura 5. Layout actual del proceso prensa y empaque DFA

Cronograma de actividades

Actividades por Quincena	Ago 1a	Ago 2a	Sept 1a	Sept 2a	Oct 1a	Oct 2a	Nov 1a	Nov 2a	Dic 1a
Observación del proceso	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Cálculo de Tak-time	■								
Análisis y desglose de los procesos		■							
Separación de los procesos (modificación de Layout)			■						
Toma de tiempos de prensa				■					
Toma de tiempos de empaque					■				
Balanceo de líneas						■			
Implementación de mesas de trabajo									

Calculo de Tak-Time

Se tomó como referencia el Forecast (pronostico del cliente) para realizar el cálculo del Takt-Time, esto con finalidad de saber cuántas piezas por minuto son necesarias fabricar para cumplir con lo solicitado por el cliente.

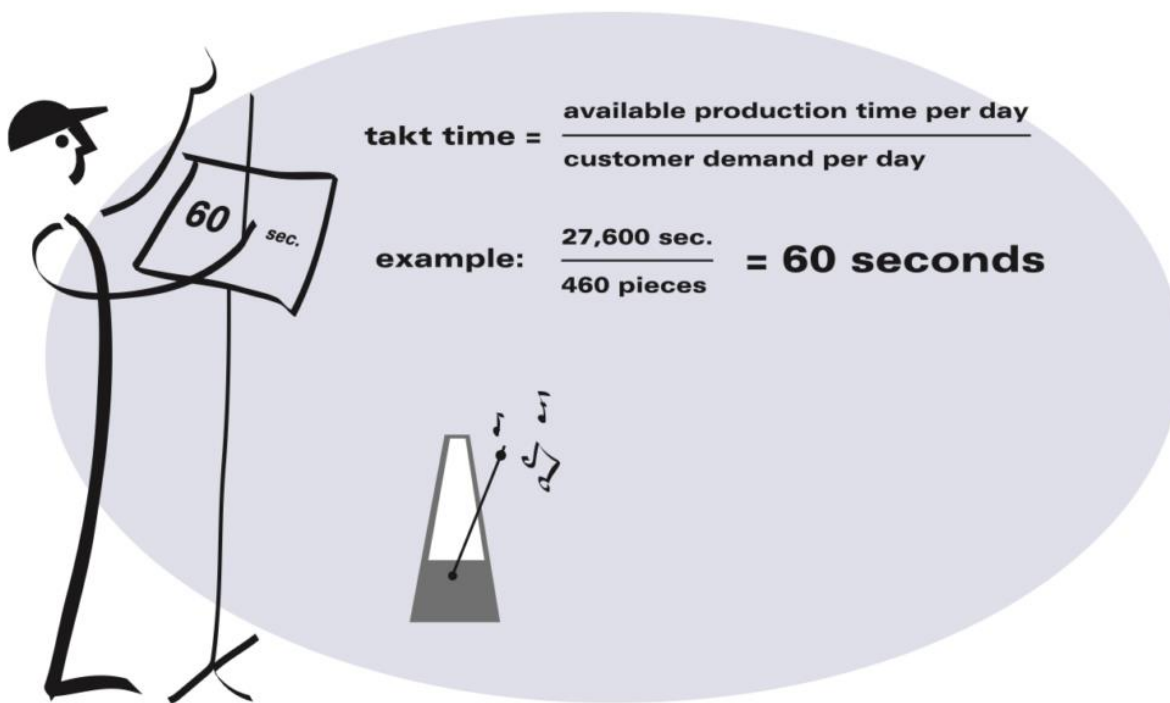


Figura 6 imagen representativa del calculo del TAKT-TIME

El cálculo es bastante sencillo, en el caso presente vamos a calcular el promedio de Takt-Time por cada número de parte, dado que la producción varía a través del tiempo, conforme al mes. En la tabla 4 se puede observar el tiempo necesario al que se debe producir cada número de parte, es decir, en el número de parte A 167 692 1700 es necesario producir cada 0.394477189 minutos una unidad para cumplir con la demanda del cliente. Es necesario aclarar que esto solo es en base al promedio del requerimiento, pues no todos los números de parte se realizan en simultáneo, actualmente se producen conforme al programa de producción, no es posible producir más números de parte en simultáneo dado que solo se tiene una prensa y una mesa de empaque.

Números de parte	Promedio de TAKT-TIME (Minutos/pieza)
A 167 682 0103	6.312740816
A 167 682 0203	6.47955774
A 167 682 1203	41.8006993
A 167 682 1303	117.531856
A 167 682 1403	8.775
A 167 682 1503	4.55
A 167 682 1603	10.88888889



A 167 682 1703	1.75
A 167 682 1803	46.46808511
A 167 682 1901	0.404716553
A 167 682 1903	144.2727273
A 167 682 2001	0.454803676
A 167 682 2003	26.06470588
A 167 682 2103	189.84375
A 167 682 2203	6.3
A 167 682 2303	15.81977671
A 167 682 2403	24.67058824
A 167 682 2503	107.8125
A 167 682 2603	17.11059852
A 167 682 2703	20.59615385
A 167 682 2903	55.125
A 167 682 3003	13.03647059
A 167 682 3103	72.8
A 167 682 3303	7.875
A 167 682 3403	60.9
A 167 682 3503	76.51960784
A 167 682 3603	6.3
A 167 682 3703	20.79
A 167 682 3803	7
A 167 682 3903	2.52
A 167 682 4003	0.72969697
A 167 682 4103	7
A 167 682 4203	1.05
A 167 682 4303	13.62972973
A 167 682 4403	70
A 167 682 4503	2.296875
A 167 682 4703	3.15
A 167 682 5201	1.111496963
A 167 682 5301	1.112267349
A 167 682 5401	1.151486014
A 167 682 5501	1.291321499
A 167 682 8302	1.081193985
A 167 682 8602	1.393929003
A 167 692 1700	0.394477189
A 167 692 1800	0.449331289
A 167 692 2300	0.915417949
A 167 692 2400	0.979144669
A 167 692 2500	1.236958687
A 167 692 2600	1.170181654

Tabla 4 Takt-Time de números de parte

Evaluación de Separación de Procesos (Reingeniería)

Conforme a las necesidades que se presentan en el proyecto, se procedió a separar los procesos (prensa y empaque). A continuación, se presenta como se encontraba el antes (figura 7) y después (figura 8 y 9) de la separación

En el departamento de producción, el área de DFA02 se encontraba en una sola línea de producción, generando cuellos de botella en la estación de empaque



Figura 7 Prensa y mesa de empaque condición actual

Después de mostrar los datos sobre la capacidad de la prensa desperdiciada,



Figura 8 Mesa de empaque



Figura 9 Prensa con carrito para plantillas

Se realizó esta actividad con la finalidad de realizar el estudio de tiempos y movimientos de las operaciones en el área de empaque.

En la prensa los procesos quedan de la siguiente manera (figura 10)

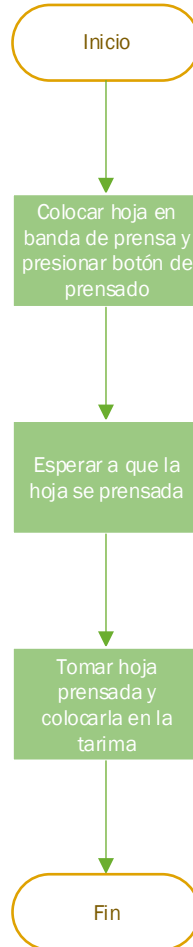


Figura 10 Elaboración Propia 2023, Diagrama de flujo del proceso de prensa

En la mesa de empaque el proceso se propuso de la siguiente manera. (figura 11)

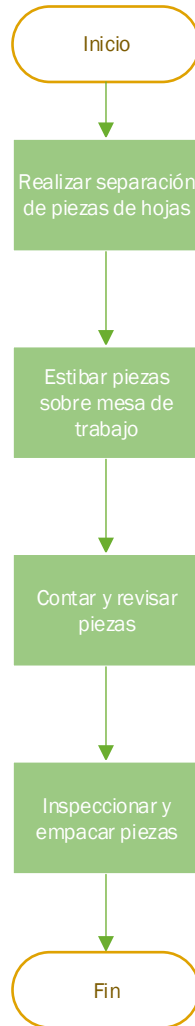


Figura 11 Proceso de empaque

Tiempos de prensa

En el proceso de prensado se tomaron muestras de tiempos con cronómetro, inicialmente se tomaron 10 muestras de tiempo, de las cuales se realizó el cálculo de la siguiente manera

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

Figura 12 Formula para tamaño de la muestra

n=Tamaño de la muestra

n'= Número de muestras preliminar

Σ= Suma de valores

X= valor de las observaciones

A continuación, se muestra cómo realizó el cálculo registrando la operación de prensado en el cual se vació la información de la toma de tiempos de la prensa (ver figura 13), se tomó una muestra de los 3 operadores de la prensa, se realizó un estudio preliminar de 10 muestras, las cuales conforme a la fórmula anterior mencionada nos indicará las muestras necesarias para tener un nivel de confianza del 95.45% de confianza. El resultado de la fórmula lo observamos en la tabla como tiempo observado, a este tiempo le agregamos la valoración, y los suplementos por descanso.

N°	Elemento	Descripción de la actividad	Tipo de operación	Nombre del Operario	Tiempo observado (seg)	Valoración	Tiempo básico (seg)	Suplemento (%)	Tiempo estándar (seg)
1	Prensa	Prensado de piezas Transfer	1	América	5.727	1.00	5.727	1.260	7.216
2	Prensa	Prensado de piezas Transfer	1	Carmén	5.670	1.00	5.670	1.260	7.144
3	Prensa	Prensado de piezas Transfer	1	Victor	5.900	1.00	5.900	1.200	7.080
Tiempo promedio									7.147

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	n
5.400	6.200	5.600	5.200	6.500	6.500	5.600	6.000	5.400	5.200	11
5.400	5.500	5.400	5.300	5.500	6.200	6.400	5.900	5.900	5.200	7
5.800	6.300	5.700	6.300	6.000	5.800	6.000	6.300	5.300	5.500	5

Figura 13 Registro y cálculo de tiempos de prensado

Dados los datos anteriores, la separación de los procesos, el empaque y la prensa, esta última ya no tendría la restricción de la mesa de empaque y por lo tanto las paradas no programadas o por demora del empaque, ya no impactarían directamente en la prensa, por ende, la prensa estaría produciendo la cantidad anteriormente mencionada en la tabla 3.

La valoración se hizo conforme a la tabla que se encuentra en la plantilla prediseñada (ver tabla 5), asignando la habilidad del trabajador, también se consideraron los suplementos por condiciones de trabajo y fatiga (figura 14)

Escala de valoración (%)	Descripción del desempeño
0	Actividad nula
1-50	Muy lento , movimientos torpes, inseguros, el operario no demuestra interés en el trabajo
51-75	Constante, resuelto, sin prisa, como de operario desmotivado, pero bien dirigido y vigilado; parece lento , pero no pierde el tiempo adrede mientras lo observan

76-100	Activo, capaz, como de obrero calificado medio , logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado
101-125	Muy rápido , el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio
126-150	Excepcionalmente rápido , concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación solo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes

Tabla 5 Valoración del trabajo

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	4	45
B. Suplemento por postura anormal			2	100
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	---		
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

Figura 14 Sistema de suplementos por descanso

Tiempos de empaque

En el caso del empaque fue necesario tomar los tiempos de manera independiente por cada operador, es decir:

Operador 1: Separación de piezas

Operador 2: Revisión y limpieza de pieza de excedentes

Operador 3: Conteo y empaque de piezas

A continuación, se presenta un muestreo que se realizó a un número de parte, esta muestra tiempos con bastante variación, el número de muestras necesario adicional es bastante alto, lo cual nos dice que es necesario estandarizar la operación de empaque. Actualmente se encuentran 5 personas realizando la operación, 2 separando piezas de la hoja prensada, 2 removiendo excedente de las piezas y una empacando, sin embargo, estas se intercalan provocando demoras entre ellas mismas.

N°	Elemento	Descripción de la actividad	Tipo de operación	Nombre del Operario	Tiempo observado (seg)	Valoración	Tiempo básico (seg)	Suplemento (%)	Tiempo estándar (seg)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	n
1	A 167 692 2300	Separación de hoja	1		5.54	1.00	5.544	1.300	7.207	2.740	3.950	3.780	3.160	2.550	3.510	3.090	2.460	4.540	3.320	57
2	A 167 692 2300	Excedente de piezas	1		6.74	0.85	5.732	1.300	7.451	8.490	5.190	5.910	9.190	8.640	7.420	9.560	7.320	6.770	5.770	60
3	A 167 692 2300	Verificar y contar piezas	1		1.83	1.00	1.827	1.300	2.375	0.560	0.590	0.820	0.500	0.540	0.620	0.610	0.720	0.620	0.710	33
Suma de tiempo									17.033											

Los tiempos de traslado también impactan de manera negativa, pues las piezas prensadas se comenzaron a almacenar en un lugar apartado de la mesa de trabajo. La línea roja en el Layout (ver figura 15) representa el camino recorrido, que representa 26.5 metros, además de los movimientos necesarios para poder seleccionar la tarima con las plantillas prensadas, y el poder acomodarlas en el carro porta tarimas, esto toma 20 minutos extras por cada cambio de número de parte o de lote.

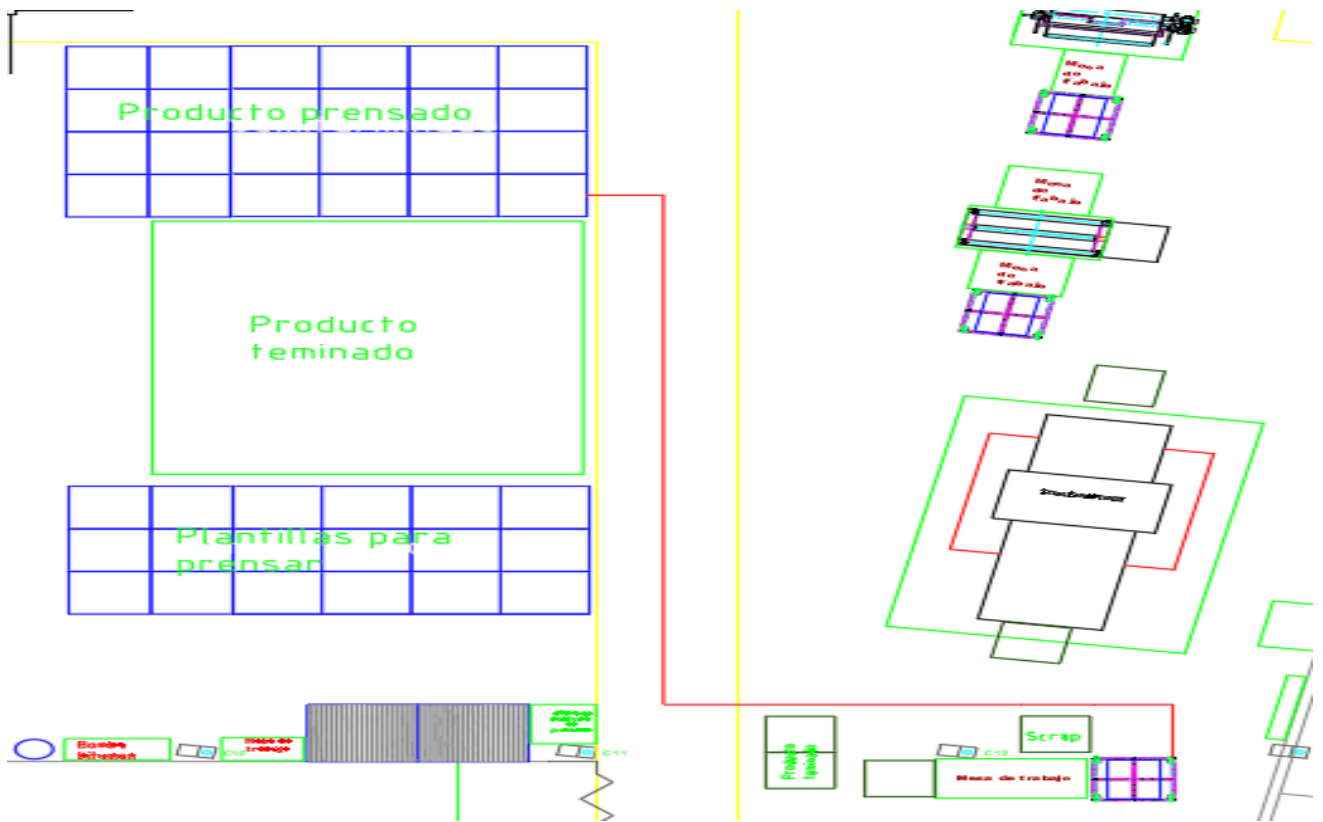


Figura 15 Layout después de la separación de procesos

Para solucionar esta variable y disminuir los tiempos de demora, se propuso una inversión de acomodo de plantillas, que el producto prensado se pasara al área de plantillas para prensar y viceversa. Se trazo en AutoCAD el traslado y nos arrojó como reducción 10 metros, lo cual disminuyó el tiempo de traslado. A continuación, se presenta el Layout propuesto. La línea azul va directo a la prensa y la línea roja va directo al área de empaque.

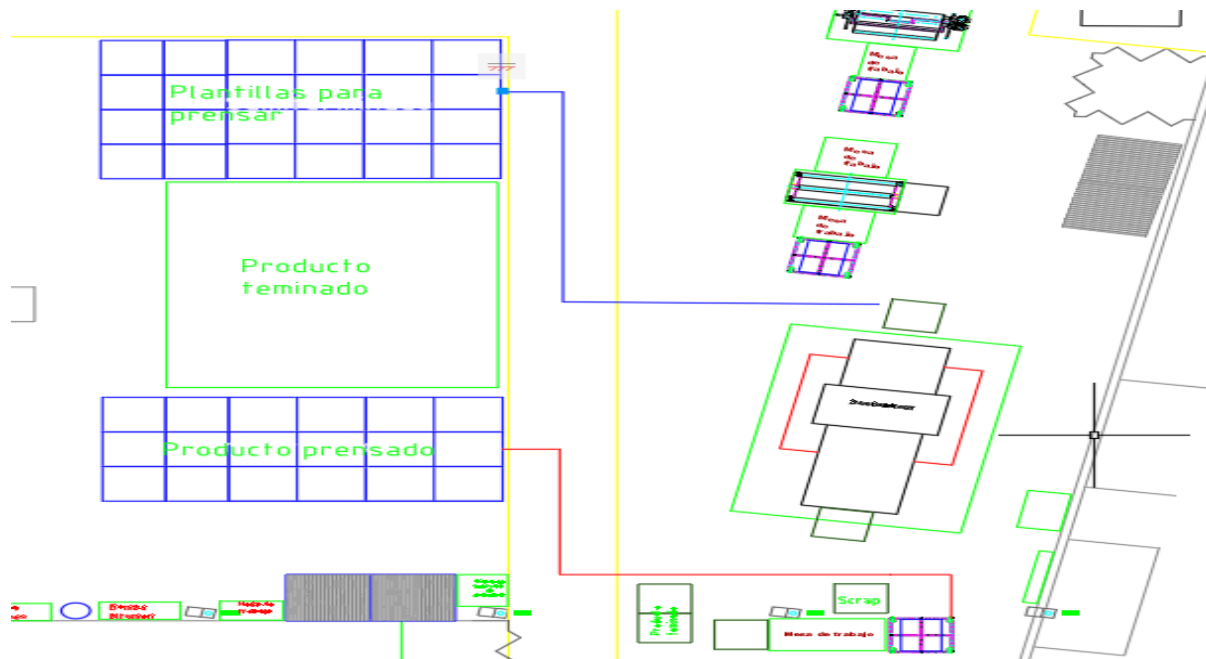


Figura 16 Layout propuesto para disminuir traslados de material

Con las adecuaciones anteriormente descritas, se procedió la toma de tiempos de la celda de empaque de manera más ordenada. En el siguiente ejemplo se puede apreciar que el tiempo se mantuvo de manera más constante (ver figura 17).

N°	Elemento	Descripción de la actividad	Tipo de operación	Nombre del Operario	Tiempo observado (seg)	Valoración	Tiempo básico (seg)	Suplemento (%)	Tiempo estándar (seg)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	n
1	A 167 692 2300	Separación de hoja	1	Frida	2.69	0.90	2.424	1.300	3.152	2.500	2.600	2.600	2.600	2.500	2.700	2.900	2.600	3.000	2.600	6
2	A 167 692 2300	Excedente de piezas	1	Guadalupe	5.82	1.10	6.406	1.300	8.328	6.300	5.800	5.200	5.800	6.200	5.200	5.400	5.600	6.500	6.700	12
3	A 167 692 2300	Verificar y contar piezas	1	Yadira	0.58	1.00	0.577	1.300	0.750	0.500	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.500	0.500	0.500	12
1	A 167 692 2300	Separación de hoja	1	Karina	2.26	1.10	2.483	1.300	3.229	1.750	2.400	2.400	2.200	2.100	2.500	2.200	2.300	2.300	2.500	3
2	A 167 692 2300	Excedente de piezas	1	Ana Cristina	6.73	1.00	6.733	1.300	8.753	6.600	6.900	7.100	6.300	6.900	6.900	6.400	6.700	7.100	6.700	2
3	A 167 692 2300	Verificar y contar piezas	1	Juanita	1.98	1.20	2.381	1.300	3.095	2.100	1.700	2.000	2.000	2.200	1.900	1.900	2.100	1.800	2.100	9

Figura 17 Registro y cálculo de tiempo estándar de No. parte A 167 692 2300

Después de realizar el muestreo de acuerdo al ejemplo anterior se realizó una tabla sintetizando los tiempos tomados, a continuación, se muestra la información. Tabla 6

Numero de parte	Piezas por hoja	Separación x pieza	Quitar excedente	Tiempo para acomodar y revisar pieza	Contar pieza unitaria	Empacar pieza unitaria	Tiempo total por pieza
A 167 682 2503	4	00:02.0	00:00:03	00:00:01	00:00:01	00:00:00	00:00:08
A 167 682 4103	6	00:03.0		00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:07
A 167 682 3503	8	00:03.0		00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:07
A 167 682 3603	8	00:03.0		00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:07
A 167 682 1903	9	00:03.0		00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:07
A 167 682 3803	9	00:03.0	00:00:05	00:00:00	00:00:01	00:00:00	00:00:10
A 167 682 3303	10	00:03.0		00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:07
A 167 682 3103	10	00:03.0		00:00:01	00:00:02	00:00:02	00:00:10
A 167 682 1303	3	00:07.6	00:00:18	00:00:02	00:00:02	00:02.2	00:00:35
A 167 682 5301	10	00:03.0	00:00:04	00:00:03	00:00:01	00:00:01	00:00:13
A 167 682 2003	12	00:03.0		00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:07
A 167 682 4303	12	00:03.0		00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:07
A 167 682 4403	13	00:03.0		00:00:02	00:00:01	00:00:01	00:00:08
A 167 682 1403	3	00:07.6	00:00:21	00:00:02	00:00:02	00:00:02	00:00:37
A 167 682 4703	16	00:03.0		00:00:05	00:00:01	00:00.5	00:00:10
A 167 682 8302	16	00:03.0	00:00:03	00:00:01	00:00:01	00:00.1	00:00:09
A 167 682 1603	12	00:03.0	00:00:05	00:00:02	00:00:01	00:00:01	00:00:13
A 167 682 3403	20	00:04.0		00:00:02	00:00:00	00:00:01	00:00:08
A 167 682 4503	20	00:03.0		00:00:02	00:00:02	00:00:00	00:00:11
A 167 682 2903	20	00:03.0		00:00:02	00:00:02	00:00:00	00:00:11
A 167 682 5201	20	00:02.0	00:00:03	00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:09
A 167 682 8602	24	00:01.6		00:00:02	00:00:02	00:00:01	00:00:09
A 167 682 1803	24	00:04.0		00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:08
A 167 682 3903	24	00:03.5		00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:08
A 167 682 0103	15	00:04.6	00:00:06	00:00:01	00:00:01	00:00.1	00:00:14
A 167 682 1703	25	00:03.8		00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:08
A 167 682 2103	21	00:03.2	00:00:03	00:00:01	00:00:01	00:00:00	00:00:09
A 167 682 2203	21	00:03.3	00:00:03	00:00:01	00:00:01	00:00:00	00:00:09
A 167 682 1901	30	00:02.0		00:00:02	00:00:02	00:00:02	00:00:09
A 167 682 2001	30	00:02.0		00:00:02	00:00:02	00:00:02	00:00:09
A 167 682 1503	15	00:03.1	00:00:06	00:00:01	00:00:01	00:00.1	00:00:12
A 167 682 1203	35	00:03.2		00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:07
A 167 692 1700	14	00:03.0	00:00:09	00:00:01	00:00.2	00:00.5	00:00:14
A 167 692 1800	14	00:03.0	00:00:09	00:00:01	00:00.2	00:00.5	00:00:14
A 167 682 8102	148	00:02.0		00:01.0	00:00:00	00:00:01	00:00:04
A 167 682 3003	42	00:03.0		00:00:02	00:00:01	00:00:02	00:00:09
A 167 682 2803	36	00:03.2	00:00:03	00:00:01	00:00:01	00:00:00	00:00:09
A 167 682 3203	40	00:03.0	00:00:03	00:00:01	00:00:01	00:00:00	00:00:09
A 167 682 2303	48	00:03.6		00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:08
A 167 682 2403	48	00:03.6		00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:08
A 167 682 4203	49	00:03.0		00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:07
A 167 682 3703	50	00:03.0		00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:07
A 167 682 0203	18	00:03.5	00:00:15	00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:22
A 167 682 4003	52	00:03.0		00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:07
A 167 692 2300	20	00:05.0	00:00:06	00:00:01	00:00.2	00:00.5	00:00:13
A 167 692 2400	20	00:05.0	00:00:06	00:00:01	00:00.2	00:00.5	00:00:13
A 167 692 2500	16	00:04.4	00:08.8	00:02.3	00:02.4	00:00.0	00:00:20
A 167 692 2600	16	00:04.4	00:08.8	00:02.3	00:02.4	00:00.0	00:00:20
A 167 682 5501	48	00:03.6	00:00:06	00:00:01	00:00:01	00:00:00	00:00:13
A 167 682 5401	48	00:03.0	00:00:06	00:00:01	00:00:01	00:00:00	00:00:12
A 167 682 2703	115	00:03.0		00:00:01	00:00:01	00:00:01	00:00:07
A 167 682 2603	112	00:02.0		00:00:02	00:00:00	00:00:01	00:00:05

Tabla 6 Lista sintetizada de tiempos estándar

En los números de parte donde no se muestra tiempo en excedentes es a causa de que la pieza no cuenta con excedentes. Estos no requieren un trabajo adicional, ver (figura 18)



Figura 18 Pieza sin excedentes

Las piezas con excedentes requieren de más tiempo para poder remover el material en los barrenos de la pieza.

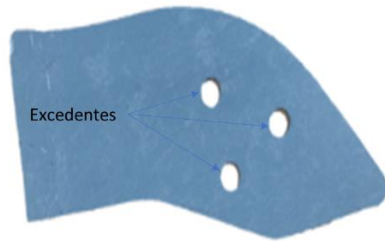


Figura 19 Pieza con excedentes

Con los tiempos estándar calculados, se procedió a calcular las mesas necesarias de trabajo conforme al Forecast proporcionado por cadena de suministros. El cálculo se hizo de junio a diciembre.

Anteriormente se tenían 3 turnos prensando y empacando al momento, lo cual, como se mencionó en párrafos anteriores, suscitaba retrasos por el proceso. Con la separación de procesos el trabajo de la prensa se optimizó y con el cálculo mediante forecast se obtuvo que en lo que resta del año junio-diciembre, que son necesarias tres mesas de trabajo para los números de parte que se abordan en este proyecto, liberando capacidad de trabajo de la prensa para otros números de parte, que, por falta de tiempo no se abordan en este proyecto, que sin embargo, es necesario que se le dé seguimiento por parte de ingeniería de procesos. En la siguiente imagen se muestra la información sintetizada. Ver figura 20 y 21

Número de Semana	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Total de horas requeridas por semana	60.415	54.58339	55.59756	99.34319	52.70619	205.5891	196.7204	203.2738	195.1703
Horas Disponibles por semana	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Mesas necesarias por semana	1.43845238	1.299604	1.323751	2.365314	1.254909	4.894978	4.68382	4.839853	4.646913
Promedio de mesas a usar	3.00124118								

Figura 20 Síntesis de mesas necesarias por semana parte 1

36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
222.5719	178.2708	83.88817	82.91136	94.27706	115.0248	206.3016	76.13178	74.39531	115.4904	140.142	244.1827	95.69114	96.59897	107.7173	94.30897
42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
5.299332	4.244543	1.997337	1.97408	2.244692	2.738687	4.911943	1.812661	1.771317	2.749771	3.336714	5.813875	2.27836	2.299976	2.564696	2.245452

Figura 21 Síntesis de mesas necesarias por semana parte 2

El cálculo de las mesas de trabajo necesarias se hizo de la siguiente manera:

Se obtuvo forecast de junio a diciembre 2023, es un archivo que proporcionó cadena de suministros, donde se encuentran los requerimientos semanales de cada número de parte.

Tiempo ciclo*requerimiento semanal= Horas necesarias por semana para cubrir el requerimiento.

A continuación, se muestra el cálculo de las horas necesaria para el numero de parte A 167 682 2001, se contempla que la para semana del 14 de junio 20223 el número de parte tiene un requerimiento a cubrir de 5670 piezas, el tiempo estándar por pieza es de 8.5 segundos, es decir, se hizo el cálculo de la siguiente manera:

Tiempo ciclo= 8.5 segundos

Requerimiento de semana del 14/06/2023=5670 piezas

8.5 segundos*5670 piezas= 48195 segundos

48195 segundos/3600 segundos que contiene una hora=13.3875 horas. Esto se puede visualizar en la primera fila, la columna de horas necesarias nos muestra el tiempo requerido para cada semana, habrá semanas en las que no habrá requerimiento y por lo tanto tampoco se requerirán horas de trabajo, sin embargo, este solo es el Forecast de un solo número de parte. (Ver tabla 7)

Fecha	Artículo	Descripción	Requerimiento pendiente	Tiempo estándar	Tiempo estándar decimales	Horas necesarias por semana
14/06/2023	2000252	A 167 682 2001	5,670.00	00:08.5	8.5	13.3875
30/06/2023	2000252	A 167 682 2001	0	00:08.5	8.5	0
06/08/2023	2000252	A 167 682 2001	3,780.00	00:08.5	8.5	8.925
13/08/2023	2000252	A 167 682 2001	3,780.00	00:08.5	8.5	8.925
20/08/2023	2000252	A 167 682 2001	3,780.00	00:08.5	8.5	8.925
27/08/2023	2000252	A 167 682 2001	3,780.00	00:08.5	8.5	8.925
03/09/2023	2000252	A 167 682 2001	0	00:08.5	8.5	0
03/09/2023	2000252	A 167 682 2001	1,890.00	00:08.5	8.5	4.4625
10/09/2023	2000252	A 167 682 2001	0	00:08.5	8.5	0
10/09/2023	2000252	A 167 682 2001	1,890.00	00:08.5	8.5	4.4625
17/09/2023	2000252	A 167 682 2001	0	00:08.5	8.5	0
17/09/2023	2000252	A 167 682 2001	1,890.00	00:08.5	8.5	4.4625
24/09/2023	2000252	A 167 682 2001	0	00:08.5	8.5	0
24/09/2023	2000252	A 167 682 2001	1,890.00	00:08.5	8.5	4.4625
01/10/2023	2000252	A 167 682 2001	0	00:08.5	8.5	0
01/10/2023	2000252	A 167 682 2001	3,150.00	00:08.5	8.5	7.4375
08/10/2023	2000252	A 167 682 2001	0	00:08.5	8.5	0
08/10/2023	2000252	A 167 682 2001	2,940.00	00:08.5	8.5	6.94166667
15/10/2023	2000252	A 167 682 2001	0	00:08.5	8.5	0
15/10/2023	2000252	A 167 682 2001	3,150.00	00:08.5	8.5	7.4375
22/10/2023	2000252	A 167 682 2001	0	00:08.5	8.5	0
22/10/2023	2000252	A 167 682 2001	2,940.00	00:08.5	8.5	6.94166667
29/10/2023	2000252	A 167 682 2001	0	00:08.5	8.5	0
29/10/2023	2000252	A 167 682 2001	2,940.00	00:08.5	8.5	6.94166667
05/11/2023	2000252	A 167 682 2001	0	00:08.5	8.5	0

05/11/2023	2000252	A 167 682 2001	3,780.00	00:08.5	8.5	8.925
12/11/2023	2000252	A 167 682 2001	0	00:08.5	8.5	0
12/11/2023	2000252	A 167 682 2001	3,780.00	00:08.5	8.5	8.925
19/11/2023	2000252	A 167 682 2001	0	00:08.5	8.5	0
19/11/2023	2000252	A 167 682 2001	3,780.00	00:08.5	8.5	8.925
26/11/2023	2000252	A 167 682 2001	0	00:08.5	8.5	0
26/11/2023	2000252	A 167 682 2001	3,780.00	00:08.5	8.5	8.925
03/12/2023	2000252	A 167 682 2001	0	00:08.5	8.5	0
03/12/2023	2000252	A 167 682 2001	3,780.00	00:08.5	8.5	8.925
10/12/2023	2000252	A 167 682 2001	0	00:08.5	8.5	0
10/12/2023	2000252	A 167 682 2001	3,780.00	00:08.5	8.5	8.925
17/12/2023	2000252	A 167 682 2001	0	00:08.5	8.5	0
17/12/2023	2000252	A 167 682 2001	3,780.00	00:08.5	8.5	8.925

Tabla 7 Forecast del Número de parte A 167 682 2001

A continuación, se presenta una parte del análisis de las horas necesarias para producir cada número de parte, es decir partimos de la semana 27 del año 2023, se resumió la información con una tabla dinámica en Excel. Como se mencionaba anteriormente, existen semanas en las que algunos números de parte no tienen requerimiento, y que el requerimiento total de horas sea menor al de la capacidad disponible, sin embargo, existen otras semanas en las que el tiempo disponible no es suficiente. Para poder establecer la cantidad de mesas necesarias, se sumó el tiempo de todos los números de parte por semana. En cada encabezado se muestra el número de semana, y la cantidad de horas a trabajar por cada número de parte, y el total general es la suma de todas las horas a trabajar por semana. Véase tabla 8

Suma de Horas necesarias por semana	No. De semana									
Números de parte	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
A 167 682 0103	1.668333333	1.668333333	0.834166667	1.668333333	0.834166667	3.75375	2.5025	3.75375	2.5025	
A 167 682 0203	2.933333333	1.466666667	2.933333333	1.466666667	1.466666667	6.6	4.4	4.4	4.4	
A 167 682 1203										
A 167 682 1303		0.048055556	0.336388889	0.096111111			0.336388889	0.384444444		
A 167 682 1403				1.662222222						
A 167 682 1603										
A 167 682 1703				1.56						
A 167 682 1803										
A 167 682 1901						9.45	9.45	9.45	9.45	
A 167 682 1903										
A 167 682 2001						8.925	8.925	8.925	8.925	
A 167 682 2003			0.093333333	0.163333333						
A 167 682 2103							0.017986111			
A 167 682 2303							0.722		0.253333333	
A 167 682 2403							0.266		0.19	
A 167 682 2503										
A 167 682 2603							0.651066667			
A 167 682 2703										
A 167 682 2903				0.356666667						
A 167 682 3003				0.566666667						
A 167 682 3103										
A 167 682 3403										
A 167 682 3503										
A 167 682 3603				0.388888889						
A 167 682 3703				0.194444444						
A 167 682 3803				0.693333333						
A 167 682 3903				1.041666667						
A 167 682 4303										
A 167 682 4403										
A 167 682 4503				2.8						
A 167 682 5201	3.2	2.8	2.8	3.2	2.8	7.2	7.2	7.2	7.2	
A 167 682 5301	2.998333333	2.998333333	2.998333333	7.245972222	2.748472222	10.993888889	10.494166667	10.494166667	10.494166667	
A 167 682 5401	5.422222222	5.422222222	5.422222222	6.777777778	5.422222222	16.266666667	12.2	16.266666667	12.2	
A 167 682 5501	2.844444444	2.844444444	2.844444444	4.266666667	1.422222222	11.37777778	8.533333333	11.37777778	8.533333333	
A 167 682 8302	5.832222222	5.832222222	5.832222222	9.653333333	5.631111111	10.86	10.86	10.86	10.86	
A 167 682 8602	3.057777778	2.675555556	2.675555556	2.675555556	2.675555556	10.32	10.32	10.32	10.32	
A 167 692 1700						14.49	14.49	14.49	14.49	
A 167 692 1800				19.32		14.49	14.49	14.49	14.49	
A 167 692 2300	12.8	9.955555556	9.955555556	9.955555556	9.955555556	19.2	19.2	19.2	19.2	
A 167 692 2400					0.878222222	19.2	19.2	19.2	19.2	
A 167 692 2500	10.222333333	9.436	9.436	14.154	9.436	21.231	21.231	21.231	21.231	
A 167 692 2600	9.436	9.436	9.436	9.436	9.436	21.231	21.231	21.231	21.231	
Total general	60.415	54.58338889	55.59755556	99.34319444	52.70619444	205.5890833	196.7204417	203.2738056	195.1703333	

Tabla 8 Resumen de horas necesarias, semana 27 a 35

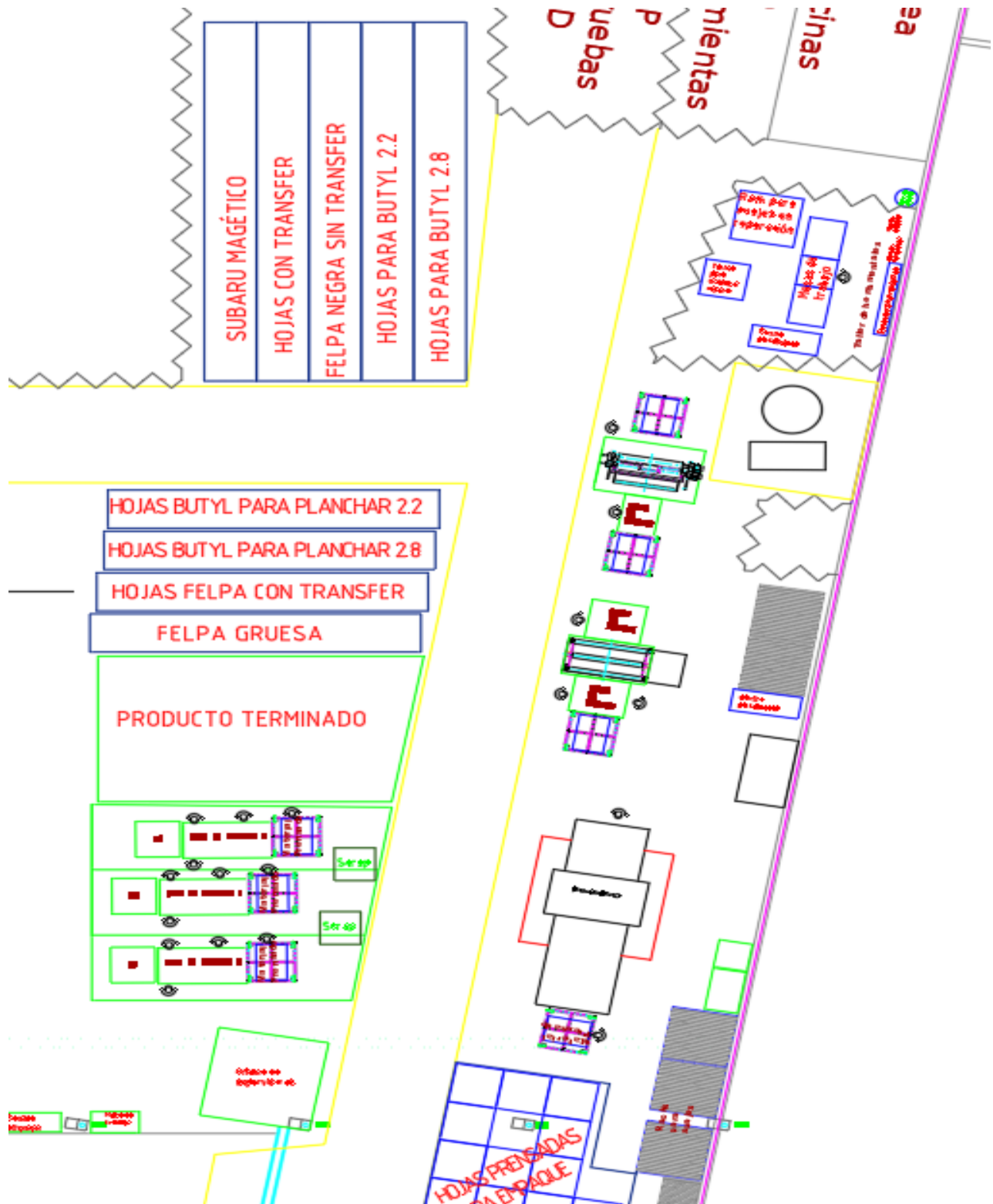


Figura 22 Propuesta de Layout global

Para poder establecer las personas necesarias por mesa fue necesario realizar un balanceo de líneas con el número de parte A 167 682 1901 con la demanda semanal de 1627 piezas (véase tabla 10), el cual se fue sintetizando conforme a mejor resultado nos dio. En el siguiente ejemplo se realizó un balanceo por estaciones de trabajo, se tomó el tiempo estándar mencionado anteriormente, (Véase tabla 6), y con este se asignó un operador por cada tarea. A continuación, se explica el procedimiento:

En la tarea 1 se estableció 1 operador que quitara la pieza de la hoja con un tiempo de 2 segundos, con este tiempo, el operador 1 estaría produciendo 30 piezas por minuto, tendría una ocupación del 67% en comparación con la estación más alta de tiempo ciclo, que en este caso, es la tarea 2, la cual estaría generando 20 unidades por minuto, con un 100% del tiempo disponible, en la tarea 3 y 4 asignando a cada una 1 operador estarían sobrado en la ocupación de su estación. El rendimiento de la mesa de trabajo sería de 1200 piezas por hora lo cual tomaría 1.36 horas en realizar. Véase tabla 11

	Año	2023
Numero de parte	Pronostico anual	117180.00
A 167 682 1901	Mensual	9765
	Semanal	1627.5

Tabla 10 Demanda de producción, anual, mensual y semanal

N°	Actividad	T. Est seg/und	Und/min	Operarios	Total unidades							
1	Separación x pieza	2	30	1	30	2	3	67%	Ren/hora	1200	Und/hora	
2	Quitar excedente	3	20	1	20	3	3	100%	Duración	1.36	Horas	
3	Tiempo para acomodar y revisar pi	1	60	1	60	1	3	33%	Personas	4		
4	Contar pieza unitaria:Empacar piez	1	60	1	60	1	3	33%	Productivid	300	Unidades/Hora*pers	
5									Eficiencia	58.3%		
									Horas homt	5.425	Horas hombre	
		7	170			7	12	58%				

Tabla 11 propuesta 1 de balanceo de línea

En la siguiente propuesta se redujeron las tareas, sin embargo, se conservaron los mismos operadores, se unieron las tareas 3 y 4, se le asignó a un operador ambas tareas. Pues se puede apreciar que es posible que realice ambas tareas, con este acomodo el rendimiento por hora es de 1800 piezas, con estación trabajando con una eficiencia del 91.7%, como se puede observar, la asignación de tareas puede ser equilibrada o balanceada en este caso para mejorar el proceso en la mesa de empaque.

N°	Actividad	T. Est seg/und	Und/min	Operario	Total unidades	seg/operario	tiempo mas alto	Eficiencia de estación			
1	Separación x pieza	2	30	1	30	2.00	2.00	100%	Ren/hora	1800	Und/hora
2	Quitar excedente	3	20	2	40	1.5	2.00	75%	Duración	0.90	Horas
	Tiempo para acomodar y revisar pieza										
3	Contar pieza unitaria:Empacar pieza unitaria	2	30	1	30	2	2.00	100%	Personas	4	
									Productividad	450	Unidades/Hora*persona
									Eficiencia	91.7%	
									Horas hombre	3.616667	Horas hombre
		7	80			5.50	6.00	92%			

Se realizó de manera muy general el ejercicio, se crea una plantilla para realizar el ejercicio (véase tablas 12, 13 y 14), y buscar la mejor combinación posible para la asignación de las tareas, sin embargo, es necesario realizar un análisis más exhaustivo, que, por falta de tiempo, no es posible llevarlo cabo, no obstante, la herramienta de balanceo está dada y puede ser de gran utilidad para futuras mejoras.

SEPARACION DE PIEZAS					
NO. DE PARTE	TIEMPO ESTANDAR SEG POR UNIDAD (S)	UND POR MINUTO (S)	OPERARIOS (S)	TOTAL DE UNIDADES (S)	SEG POR OPERARIOS (S)
A 167 682 2503	2.00	30	1	30	2
A 167 682 4103	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 3503	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 3603	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 1903	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 3803	3.00	20	1	20	3
A 167 682 3303	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 3103	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 1303	7.60	7.894736842	1	7.894736842	7.6
A 167 682 5301	3.00	20	1	20	3
A 167 682 2003	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 4303	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 4403	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 1403	7.60	7.894736842	1	7.894736842	7.6
A 167 682 4703	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 8302	3.00	20	1	20	3
A 167 682 1603	3.00	20	1	20	3
A 167 682 3403	4.00	15	2	30	2
A 167 682 4503	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 2903	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 5201	2.00	30	1	30	2
A 167 682 8602	1.60	37.5	1	37.5	1.6
A 167 682 1803	4.00	15	2	30	2
A 167 682 3903	3.50	17.14285714	2	34.28571429	1.75
A 167 682 0103	4.60	13.04347826	1	13.04347826	4.6
A 167 682 1703	3.80	15.78947368	2	31.57894737	1.9
A 167 682 2103	3.20	18.75	1	18.75	3.2
A 167 682 2203	3.30	18.18181818	1	18.18181818	3.3
A 167 682 1901	2.00	30	2	60	1
A 167 682 2001	2.00	30	2	60	1
A 167 682 1503	3.10	19.35483871	1	19.35483871	3.1
A 167 682 1203	3.20	18.75	2	37.5	1.6
A 167 692 1700	3.00	20	1	20	3
A 167 692 1800	3.00	20	1	20	3
A 167 682 8102	2.00	30	2	60	1
A 167 682 3003	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 2803	3.20	18.75	1	18.75	3.2
A 167 682 3203	3.00	20	1	20	3
A 167 682 2303	3.60	16.66666667	2	33.33333333	1.8
A 167 682 2403	3.60	16.66666667	2	33.33333333	1.8
A 167 682 4203	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 3703	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 0203	3.50	17.14285714	1	17.14285714	3.5
A 167 682 4003	3.00	20	2	40	1.5
A 167 692 2300	5.00	12	1	12	5
A 167 692 2400	5.00	12	1	12	5
A 167 692 2500	4.35	13.79310345	1	13.79310345	4.35
A 167 692 2600	4.35	13.79310345	1	13.79310345	4.35
A 167 682 5501	3.60	16.66666667	1	16.66666667	3.6
A 167 682 5401	3.00	20	1	20	3
A 167 682 2703	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 2603	2.00	30	2	60	1

Tabla 12 Elaboración propia. Plantilla de balanceo de línea parte 1

QUITAR EXCEDENTES e inspeccionar					
NO. DE PARTE	TIEMPO ESTANDAR SEG POR UNIDAD (Q)	UND POR MINUTO (Q)	OPERARIOS (Q)	TOTAL DE UNIDADES (Q)	SEG POR OPERARIOS (Q)
A 167 682 2503	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 4103	0.00		0		
A 167 682 3503	0.00		0		
A 167 682 3603	0.00		0		
A 167 682 1903	0.00		0		
A 167 682 3803	5.00	12	2	24	2.5
A 167 682 3303	0.00		0		
A 167 682 3103	0.00		0		
A 167 682 1303	18.00	3.333333333	2	6.666666667	9
A 167 682 5301	4.00	15	2	30	2
A 167 682 2003	0.00		0		
A 167 682 4303	0.00		0		
A 167 682 4403	0.00		0		
A 167 682 1403	20.80	2.884615385	2	5.769230769	10.4
A 167 682 4703	0.00		0		
A 167 682 8302	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 1603	5.00	12	2	24	2.5
A 167 682 3403	0.00		0		
A 167 682 4503	0.00		0		
A 167 682 2903	0.00		0		
A 167 682 5201	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 8602	0.00		0		
A 167 682 1803	0.00		0		
A 167 682 3903	0.00		0		
A 167 682 0103	6.00	10	2	20	3
A 167 682 1703	0.00		0		
A 167 682 2103	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 2203	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 1901	0.00		0		
A 167 682 2001	0.00		0		
A 167 682 1503	6.00	10	2	20	3
A 167 682 1203	0.00		0		
A 167 692 1700	9.00	6.666666667	2	13.33333333	4.5
A 167 692 1800	9.00	6.666666667	2	13.33333333	4.5
A 167 682 8102	0.00		0		
A 167 682 3003	0.00		0		
A 167 682 2803	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 3203	3.00	20	2	40	1.5
A 167 682 2303	0.00		0		
A 167 682 2403	0.00		0		
A 167 682 4203	0.00		0		
A 167 682 3703	0.00		0		
A 167 682 0203	15.00	4	2	8	7.5
A 167 682 4003	0.00		0		
A 167 692 2300	6.00	10	2	20	3
A 167 692 2400	6.00	10	2	20	3
A 167 692 2500	8.80	6.818181818	2	13.63636364	4.4
A 167 692 2600	8.80	6.818181818	2	13.63636364	4.4
A 167 682 5501	6.00	10	2	20	3
A 167 682 5401	6.00	10	2	20	3
A 167 682 2703	0.00		0		
A 167 682 2603	0.00		0		

Tabla 13 Elaboración propia. Plantilla de balanceo de línea parte 2

TOMAR, REVISAR, CONTAR, EMPACAR									
NO. DE PARTE	TIEMPO ESTANDAR	UND POR MINUTO (TRCE)	OPERARIOS (TRCE)	TOTAL DE UNIDADES (TRCEE)	SEG POR OPERARIOS (TRCE)	Eficiencia total	RENDIMIENTO POR HORA		
	TRCE							SEG POR UNIDAD	
A 167 682 2503	2.00	30	1	30	2	100.0%	1800.00		
A 167 682 4103	3.00	20	2	40	1.5	100.0%	2400.00		
A 167 682 3503	3.00	20	2	40	1.5	100.0%	2400.00		
A 167 682 3603	3.00	20	2	40	1.5	100.0%	2400.00		
A 167 682 1903	3.00	20	2	40	1.5	100.0%	2400.00		
A 167 682 3803	1.40	42.85714286	1	42.85714286	1.4	81.2%	1200.00		
A 167 682 3303	3.00	20	2	40	1.5	100.0%	2400.00		
A 167 682 3103	5.00	12	2	24	2.5	80.0%	1440.00		
A 167 682 1303	6.00	9.090909091	1	9.090909091	6.6	85.9%	400.00		
A 167 682 5301	4.85	12.37113402	1	12.37113402	4.85	84.2%	742.27		
A 167 682 2003	3.00	20	2	40	1.5	100.0%	2400.00		
A 167 682 4303	3.00	20	2	40	1.5	100.0%	2400.00		
A 167 682 4403	3.70	16.21621622	2	32.43243243	1.85	90.5%	1945.95		
A 167 682 1403	6.60	9.090909091	1	9.090909091	6.6	78.8%	346.15		
A 167 682 4703	5.88	10.20408163	2	20.40816327	2.94	75.5%	1224.49		
A 167 682 8302	2.05	29.26829268	1	29.26829268	2.05	87.3%	1200.00		
A 167 682 1603	3.70	16.21621622	1	16.21621622	3.7	92.9%	972.97		
A 167 682 3403	3.30	18.18181818	2	36.36363636	1.65	91.3%	1800.00		
A 167 682 4503	5.00	12	2	24	2.5	80.0%	1440.00		
A 167 682 2903	5.20	11.53846154	2	23.07692308	2.6	78.8%	1384.62		
A 167 682 5201	3.00	20	1	20	3	86.7%	1200.00		
A 167 682 8602	5.00	12	3	36	1.666666667	98.0%	2160.00		
A 167 682 1803	3.00	20	2	40	1.5	87.5%	1800.00		
A 167 682 3903	3.00	20	2	40	1.5	92.9%	2057.14		
A 167 682 0103	2.05	29.26829268	1	29.26829268	2.05	79.1%	782.61		
A 167 682 1703	3.00	20	2	40	1.5	89.5%	1894.74		
A 167 682 2103	2.05	29.26829268	1	29.26829268	2.05	85.4%	1125.00		
A 167 682 2203	2.05	29.26829268	1	29.26829268	2.05	84.6%	1090.91		
A 167 682 1901	5.50	10.90909091	2	21.81818182	2.75	68.2%	1309.09		
A 167 682 2001	5.00	12	2	24	2.5	70.0%	1440.00		
A 167 682 1503	2.05	29.26829268	1	29.26829268	2.05	88.6%	1161.29		
A 167 682 1203	3.00	20	2	40	1.5	96.9%	2250.00		
A 167 692 1700	1.65	36.36363636	1	36.36363636	1.65	68%	800.00		
A 167 692 1800	1.65	36.36363636	1	36.36363636	1.65	68%	800.00		
A 167 682 8102	2.10	28.57142857	2	57.14285714	1.05	97.6%	3428.57		
A 167 682 3003	4.50	13.33333333	2	26.66666667	2.25	83.3%	1600.00		
A 167 682 2803	2.20	27.27272727	1	27.27272727	2.2	87.3%	1125.00		
A 167 682 3203	2.40	25	1	25	2.4	92.0%	1200.00		
A 167 682 2303	3.00	20	2	40	1.5	91.7%	2000.00		
A 167 682 2403	3.00	20	2	40	1.5	91.7%	2000.00		
A 167 682 4203	3.00	20	2	40	1.5	100.0%	2400.00		
A 167 682 3703	3.00	20	2	40	1.5	100.0%	2400.00		
A 167 682 0203	2.50	24	1	24	2.5	60.0%	480.00		
A 167 682 4003	3.00	20	2	40	1.5	100.0%	2400.00		
A 167 692 2300	1.65	36.36363636	1	36.36363636	1.65	74%	720.00		
A 167 692 2400	1.65	36.36363636	1	36.36363636	1.65	74%	720.00		
A 167 692 2500	4.67	12.84796574	1	12.84796574	4.67	98%	770.88		
A 167 692 2600	4.67	12.84796574	1	12.84796574	4.67	98%	770.88		
A 167 682 5501	2.20	27.27272727	1	27.27272727	2.2	86.3%	1000.00		
A 167 682 5401	2.20	27.27272727	1	27.27272727	2.2	91.1%	1200.00		
A 167 682 2703	3.00	20	2	40	1.5	100.0%	2400.00		
A 167 682 2603	3.07	19.54397394	2	39.08794788	1.535	82.6%	2345.28		

Tabla 14 Elaboración propia. Plantilla de balanceo de línea parte 3

Layout de empaque

El Layout propuesto para los números de parte sería el siguiente (véase figura23), sin embargo, es necesario realizar el mismo ejercicio por cada uno de los números de parte, que, en sí, los números de parte son genéricos, y podría aplicarse el Layout a los números de parte restante.

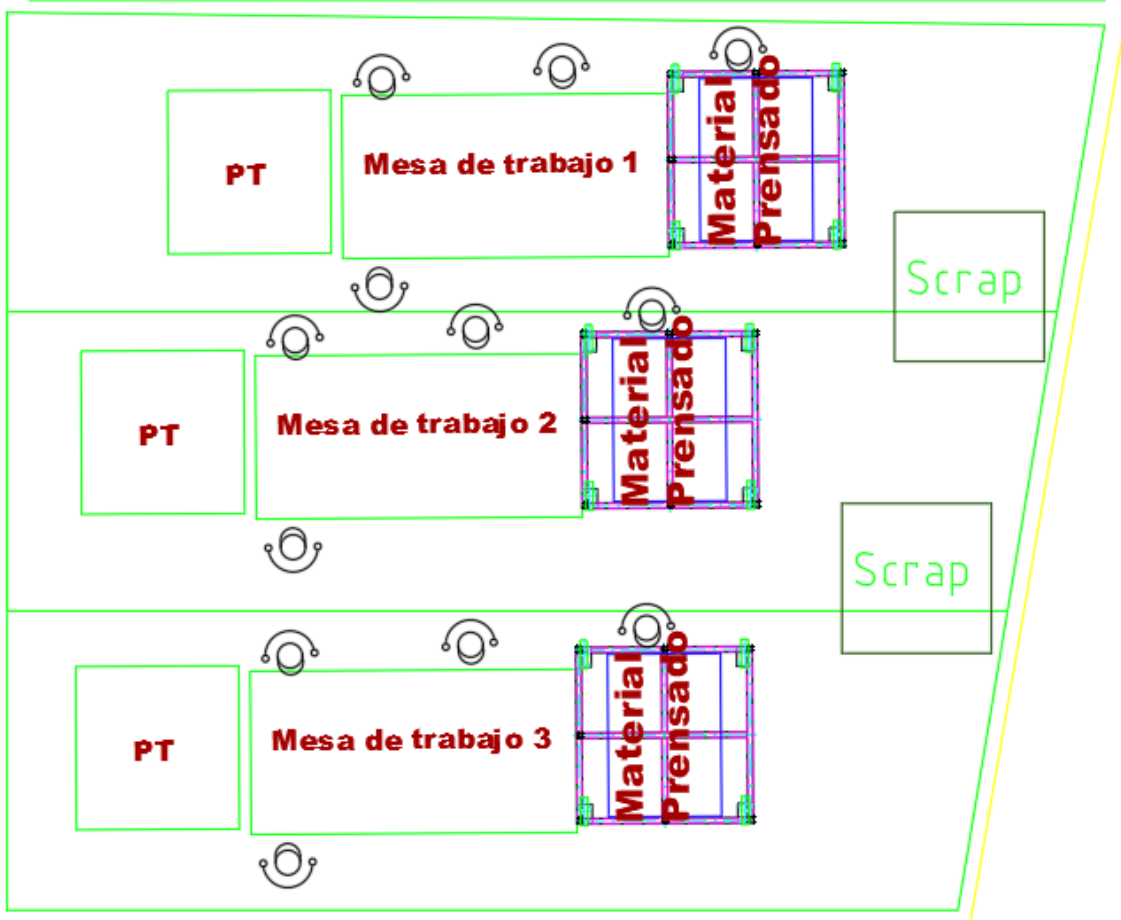


Figura 23 Propuesta de Layout de mesas de empaque

Layout de prensa

EL Layout de prensa fue dispuesto de la siguiente manera (véase figura 24), al prensar las hojas estas pueden ser almacenadas donde se encuentran las mesas de empaque, liberando el espacio, así el material que las mesas de empaque estarían a poca distancia del stock de semiterminado. Véase figura 25

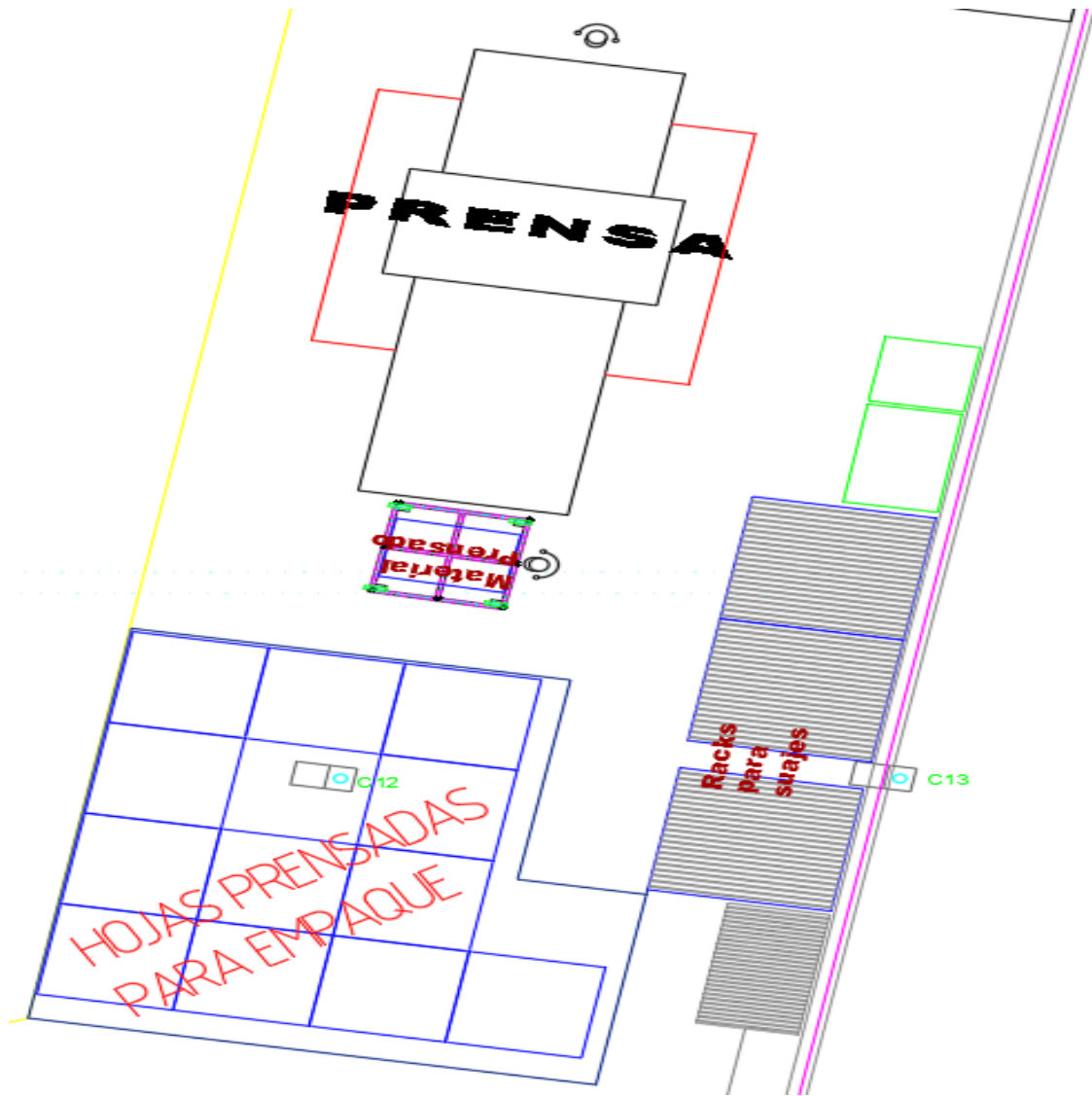


Figura 24 Propuesta para el área de prensa

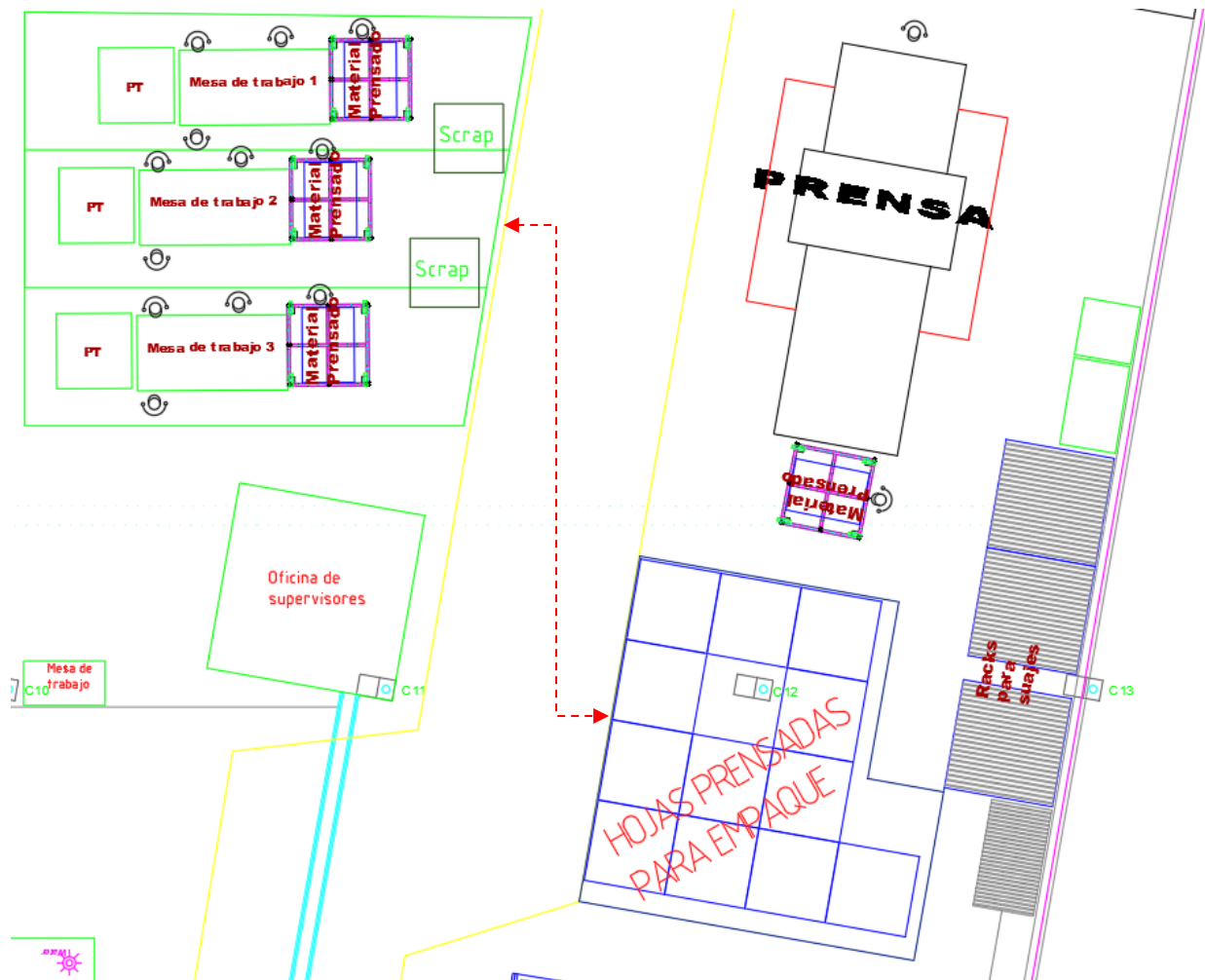


Figura 25 Layout propuesta prensa y empaque

Implementación de mesas de trabajo

Se colocan las mesas de trabajo (véase figura 26), es menester dar seguimiento al desarrollo del proyecto por parte del departamento de ingeniería en conjunto con el departamento de producción, es necesario que las mesas estén completas, 4 personas por mesa, para no desbalancear las cargas de trabajo.



Figura 26 Implementación de mesas de trabajo

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

12. Resultados

Con ayuda y paciencia de parte de los colaboradores de la empresa, se lograron los siguientes objetivos tales como

Objetivo Propuesto	Resultado Esperado
Reducción de Paradas en la Prensa en un 30% en los primeros seis meses	La reducción en la parada de la prensa se vio de manera inmediata al separar los procesos. Con un de 69.6 de aprovechamiento más en el prensado
Reducción de los tiempos de ciclo promedio en un 20% en los primeros seis meses.	Se establece como propuesta, que realizando el análisis de balanceo de línea el tiempo ciclo disminuya el tiempo ciclo
Mejora del equilibrio en la asignación de tareas, reduciendo las horas extras en un 15% en los primeros seis meses.	Aunque se aumentó la plantilla, la necesidad de horas extras será en un porcentaje menor al 15%
Aumento en la tasa de calidad del empaque al 95% o superior en los primeros seis meses.	Al separar los procesos, el empaque mejoró pues el espació se optimizó

<p>Reducción del desperdicio de materiales y energía en un 15% en los primeros seis meses.</p>	<p>La energía eléctrica que utiliza la prensa se verá disminuida, pues al eliminar 2 turnos, la maquina estaría en reposo, generando un ahorro del 33% a como se usaba anteriormente, al igual que los patines eléctricos.</p>
--	--

Separación de la prensa y el empaque

Esta acción ha generado un impacto positivo al eliminar la dependencia entre la prensa y el proceso de empaque. Antes, el empaque actuaba como un cuello de botella, lo que causaba paradas frecuentes en la prensa, afectando la productividad general. Al aislar estas etapas, se ha reducido significativamente el tiempo muerto en la prensa, permitiéndole operar de manera más eficiente y consistente. El análisis de la capacidad desperdiciada de la prensa, promediando en un 69.6%, revela un potencial considerable para aumentar la producción sin necesidad de inversiones adicionales, simplemente optimizando su utilización.

Reducción de los tiempos ciclos y optimización del balanceo de líneas

La propuesta se centra en mejorar los tiempos ciclos y la organización de las operaciones. Al establecer nuevos tiempos ciclos y ajustar la disposición de las tareas con una plantilla de balanceo de líneas, se busca optimizar el rendimiento y minimizar los cuellos de botella. La idea de crear un Layout de operaciones específico para cada número de parte se fundamenta en adaptar el proceso productivo a las necesidades específicas de cada componente, lo que permitirá maximizar la eficiencia en la producción y reducir los tiempos de espera entre etapas.

Creación de estaciones de trabajo eficientes

La estandarización de las estaciones de trabajo es clave para minimizar los tiempos ociosos y maximizar la productividad. El análisis detallado de las figuras 20 y 21 proporciona una visión sobre los picos de demanda en el proceso. La propuesta de contar con 9 turnos extras con una mesa de trabajo, reducidos a solo 3 turnos con la implementación sugerida, muestra una mejora significativa. Este enfoque no solo reduce los tiempos extras, sino que también sugiere la posibilidad de seguir ajustando el proceso para minimizar aún más la necesidad de trabajo adicional.

Mejora en la calidad del proceso

La implementación de un proceso más estructurado y definido es crucial para garantizar una calidad constante en el producto final. El cambio desde un enfoque apresurado y poco flexible hacia un sistema más ordenado reduce la incidencia de errores. Estos errores, que anteriormente se originaban por la falta de un proceso bien definido,

impactaban directamente en la calidad del producto. Ahora, con una estructura más clara y menos propensa a fallos, se espera que la calidad mejore significativamente, generando un impacto positivo en la satisfacción del cliente y la reputación de la empresa en el mercado.

Reducción de turnos de trabajo e impacto en la maquinaria

La disminución de los turnos de trabajo conlleva una reducción significativa del tiempo de utilización de la maquinaria, estimada en un 66%. Anteriormente, se empleaban 3 turnos completos para la producción, lo que significaba que la maquinaria permanecía en funcionamiento, incluso cuando no estaba en plena actividad productiva. Esta situación generaba un consumo continuo de energía eléctrica y un desgaste progresivo del aceite utilizado por la máquina. La reducción de turnos no solo implica eficiencia en la gestión de recursos humanos, sino también una reducción sustancial en el consumo de energía y el desgaste de los componentes de la maquinaria, lo que a su vez puede traducirse en ahorros significativos a largo plazo en costos de energía y mantenimiento.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

13. Conclusiones del Proyecto

La reorganización estratégica del proceso productivo, al separar la prensa del empaque, ha demostrado ser una solución eficiente para mejorar la eficacia y la capacidad de producción. Esta separación ha reducido drásticamente las paradas en la prensa, liberándola de la restricción que suponía el empaque como cuello de botella. Además, el análisis revela un importante potencial de aumento de la producción al detectar una capacidad subutilizada de la prensa, promediando un 69.6%.

La propuesta de reducir los tiempos ciclos y optimizar el balanceo de líneas mediante una plantilla específica para cada componente busca maximizar la eficiencia y minimizar los tiempos muertos entre tareas. La estandarización de estaciones de trabajo ha demostrado una reducción sustancial en la necesidad de turnos extras durante los picos de demanda, reflejando una gestión más eficiente de los recursos.

La implementación de un proceso más estructurado ha mejorado la calidad del producto final al reducir significativamente errores causados por la falta de flexibilidad en el

proceso anterior. A pesar de estos logros, se reconoce la importancia de una vigilancia continua y ajustes adicionales para seguir optimizando estos resultados.

No obstante, este estudio carece de comparaciones con datos históricos previos a los cambios implementados y de una evaluación exhaustiva de los costos asociados a estas mejoras. Investigaciones futuras podrían incluir un análisis más detallado del impacto ambiental, el análisis costo-beneficio y otros aspectos para enriquecer y complementar los hallazgos presentados.

CAPÍTULO 7: COMPETENCIAS DESARROLLADAS

14. Competencias desarrolladas y/o aplicadas.

Se especifican las competencias desarrolladas (redactadas en primera persona)

Ejemplo:

1. Recolecté, organicé y analicé datos relevantes, como la capacidad de la maquinaria, los tiempos de producción y la eficiencia de las estaciones de trabajo.
2. Identifiqué áreas de mejora y cuellos de botella en el flujo de trabajo, buscando formas de optimizar la eficiencia operativa.
3. Evalúe el rendimiento actual del proceso, identificando oportunidades de mejora e ideando soluciones innovadoras.
4. Comprendí en profundidad el funcionamiento de la maquinaria y los procedimientos involucrados para proponer mejoras viables.
5. Desarrollé una estrategia detallada para implementar cambios considerando los recursos disponibles y minimizando los impactos negativos en la producción actual.
6. Transmití claramente las propuestas de mejora, los resultados obtenidos y las implicaciones de los cambios propuestos a todas las partes interesadas.

7. Implementé y gestioné los cambios, asegurando la aceptación adecuada por parte del equipo y la adaptación al cambio.
8. Ajusté estrategias según los resultados y desafíos encontrados durante la implementación de mejora.

CAPÍTULO 8: FUENTES DE INFORMACIÓN

15. Fuentes de información

- Castro, A., & Sandoval, R. (2014). La ingeniería y sus principales ramas.
- Cuéllar Fernández, L. E., García Alcaraz, J. L., & Rangel Hernández, J. R. (2014). Lean Manufacturing: Reducción de Desperdicios en el Proceso Productivo.*
- Drucker, P. F. (2007). La práctica de la administración de empresas.*
- Fayol, H. (1949). Administración industrial y general.*
- García Alcaraz, J. L., Durán Martínez, M. Á., & Romero Espinoza, L. F. (2015). Lean Manufacturing: La Evidencia de un Camino a Seguir.*
- García, R., & Pérez, L. (2020). Packaging sostenible: diseño, materiales y aplicaciones.*
- Gómez, L. (2017). Aspectos éticos, sociales y ambientales en la ingeniería moderna.
- González López, G., López Cervantes, C., & Rangel Hernández, J. R. (2012). Lean Manufacturing en la Industria del Mueble: Caso de Aplicación.*
- González, R. (2017). Análisis de la variabilidad en el balanceo de líneas de producción.*
- Gutiérrez, A., & Ramírez, S. (2016). Embalaje ecológico: una perspectiva empresarial.*
- Hernández, E. (2016). El proceso de diseño en la ingeniería: fundamentos y aplicaciones.
- Hernández, E. (2019). Innovación en envases y embalajes: sostenibilidad y competitividad.*
- Hernández, G., & Martín, F. (2019). Impacto del balanceo de líneas en la competitividad de la industria.*
- Hernández, R. (2012). Six Sigma: Mejoramiento Continuo de Procesos.*
- Jiménez, M. (2015). Diseño de envases y embalajes.*
- Koontz, H., & Weihrich, H. (2016). Administración: Una perspectiva global y empresarial.*
- Lawrence, P. R., & Lorsch, J. W. (1967). Organización y medio ambiente.*
- Likert, R. (1967). El hombre organizacional.*

Martínez, A. (2015). Optimización de líneas de producción en la industria manufacturera.

Olivares García, R., & Hernández Contreras, J. A. (2018). Lean Manufacturing: La Evidencia de un Enfoque Sistémico.

Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance.

Pérez López, J. A., & Gómez Fernández, E. (2009). Six Sigma: Metodología y técnicas.

Pyzdek, T., & Keller, P. A. (2014). Guía de Bolsillo de Six Sigma.

Robbins, S. P., & Coulter, M. (2017). Administración.

Rodríguez, J., & Moreno, M. (2018). La diversidad de la ingeniería y su impacto en la sociedad.

Rodríguez, M., & Delgado, P. (2016). Balanceo de líneas y su impacto en la eficiencia de la manufactura.

Rodríguez, P. (2018). Optimización del embalaje en logística y distribución.

Romero, J., & García, L. (2018). Técnicas de balanceo de líneas para la mejora de la productividad.

Sánchez, E., & Pérez, J. (2020). Herramientas heurísticas para el balanceo de líneas en la industria.

Villa, J., & Ochoa, A. (2017). Embalaje y presentación de productos.

CAPÍTULO 9: ANEXOS

17. Anexos