

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE MEJORA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PARIHUELAS PARA REDUCIR LOS COSTOS OPERATIVOS DE UNA EMPRESA DE ASERRADERO DE TRUJILLO”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor:

Bach. Jackson Stewart Sanchez Muñoz

Asesor:

Ing. Enrique M. Avendaño Delgado

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida,
brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuesta

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	21
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	86
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	89
REFERENCIAS	93
ANEXOS.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	21
Tabla 2 Procedimiento de recolección y análisis de datos	22
Tabla 3 Mercados vs Productos	25
Tabla 4 Proceso productivo de las parihuelas	31
Tabla 5 Matriz de priorización de causas raíces	35
Tabla 6 Cantidad y causas de productos rechazados	37
Tabla 7 Resumen de pérdidas por causas	38
Tabla 8 Tiempo de espera por WIP en el área de descortezado	38
Tabla 9 Tiempo de espera por WIP en el área de corte	39
Tabla 10 Tiempo de espera por WIP en el área de tableado	39
Tabla 11 Tiempo de espera por WIP en el área de armado	40
Tabla 12 Tiempo de espera por WIP en el área de horneado	40
Tabla 13 Resumen de pérdidas por WIP en cada estación de trabajo	41
Tabla 14 Producto devuelto por entrega fuera de tiempo	41
Tabla 15 Tiempo de traslado entre áreas	42
Tabla 16 Resultados de la CR3	43
Tabla 17 Porcentaje de aprovechamiento de materia prima	44
Tabla 18 Detalles de los resultados de ña CR2	44
Tabla 19 Cuadro resumen de pérdidas	45
Tabla 20 Matriz de indicadores	46
Tabla 21 Muestra piloto de observaciones	47
Tabla 22 Estado demuestras de observaciones	48
Tabla 23 Frecuencia con observaciones	48
Tabla 24 Programa aleatorio de observaciones por día	49
Tabla 25 Factor de valoración	52
Tabla 26 Frecuencia de traslado entre áreas	56
Tabla 27 Cuadro de Distancias	57
Tabla 28 Puntuación Total de Distribución Actual	57
Tabla 29 Nuevo Cuadro de Distancias	59
Tabla 30 Puntuación Total de la Propuesta de Distribución	59
Tabla 31 Diferencia entre recorrido	60
Tabla 32 Porcentaje de participación de las causas raíces	60
Tabla 33 Clasificación de las causas raíces según su nivel de participación en las pérdidas totales	61
Tabla 34 Determinación de los niveles óptimos de factores del proceso	62
Tabla 35 Determinación de los puntos de control de las características de control	63
Tabla 36 Recogida de observaciones de la Característica de Control: Medidas Incorrectas	64
Tabla 37 Recogida de observaciones de la Característica de Control: Bajo nivel de aprovechamiento de la MP	65
Tabla 38 Nueva toma de datos (Medidas incorrectas)	70
Tabla 39 Determinación de nuevos límites de control (Medidas incorrectas)	71
Tabla 40 Nueva toma de datos (Bajo nivel de aprovechamiento de MP)	73
Tabla 41 Determinación de nuevos puntos de control (Bajo nivel de aprovechamiento de MP)	74
Tabla 42 Ventas de parihuelas durante los años 2016, 2017 y 2018	78
Tabla 43 Determinación del Índice Estacional	78
Tabla 44 Análisis de varianza	79
Tabla 45 Desestacionalización de la demanda	79
Tabla 46 Pronóstico Estacional 2018-2019	82
Tabla 47 Inversión de la propuesta	83
Tabla 48 Depreciación de las máquinas	83
Tabla 49 Costos Operativos y GAV	84
Tabla 50 Estado de resultados y flujo de cajas	85
Tabla 51 Beneficios obtenidos después de la propuesta de mejora	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Matriz de priorización indicando diferentes valores de alternativas y criterios	15
Figura 2. Diagrama de Pareto	17
Figura 3. Organigrama de la empresa	25
Figura 4. Modelo de pallet durmiente con 2 entradas	26
Figura 5. Ficha técnica de la madera de pino	27
Figura 6. Diagrama de actividades del proceso.....	30
Figura 7. Diagrama de Ishikawa de los altos costos operativos de la línea de producción de parihuelas de una empresa de Aserradero en Trujillo.....	34
Figura 8. Diagrama de Pareto de las causas raíces	36
Figura 9. Gráfica de control para observaciones tomadas.....	51
Figura 10. Balance de línea actual.....	52
Figura 11. Distribución Actual.....	56
Figura 12. Propuesta de mejora de distribución de planta	58
Figura 13. Diagrama de Pareto	61
Figura 14. Determinación de las características de control y factores del proceso.....	62
Figura 15. Gráfico de control (Medidas incorrectas)	66
Figura 16. Determinación de los límites de control (Bajo nivel de aprovechamiento de MP).....	67
Figura 17. Gráfico de control (Bajo nivel de aprovechamiento de MP)	68
Figura 18. Nuevo gráfico de control (Medidas incorrectas).....	72
Figura 19. Nuevo gráfico de control (Bajo nivel de aprovechamiento de MP).....	76
Figura 20. Demanda Actual.....	81
Figura 21. Demanda proyectada.....	82
Figura 22. CR12 y CR2 antes y después de la propuesta.....	86
Figura 23. CR9 antes y después de la propuesta	86
Figura 24. CR1 antes y después de la propuesta	87
Figura 25. CR3: Antes y después de la propuesta.	87

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es determinar el impacto de la propuesta de mejora en la línea de producción de parihuelas sobre los costos operativos de una empresa de aserradero de Trujillo. La investigación es de tipo aplicada y con diseño pre-experimental. Se emplearon las técnicas como Observación, entrevista, encuesta y análisis documental. Las herramientas utilizadas en la investigación fueron control estadístico de calidad, estudio de tiempos, balance de línea, pronóstico de ventas y distribución de planta. El estudio concluye que se logró reducir las pérdidas por Alto índice de productos rechazados por el cliente de S/85,620.00 soles a S/34,341.96 soles, logrando una reducción del 40.11%. La aplicación del balance de líneas permitió aumentar la velocidad de producción de parihuelas de 2.55 min/parihuela a 0.85 min/parihuela. El uso de un pronóstico estacional de ventas logró reducir las pérdidas por falta de planificación de la producción de S/97,200 soles a S/0 soles. Por otra parte, se logró reducir el desplazamiento de los trabajadores de 54,354 metros a 39,003 metros, logrando una reducción del 28.24%. Con respecto a los indicadores financieros el VAN obtenido fue de S/.30,284.81, el TIR de 59.50% y la Inversión de S/34,365.00.

Palabras Claves: Producción, Balance de línea, Costos operativos

ABSTRACT

The objective of this research is to determine the impact of the proposed improvement in the litter production line on the operating costs of a sawmill company in Trujillo. The research is of an applied type and with a pre-experimental design. Techniques such as Observation, interview, survey and documentary analysis were used. The tools used in the research were statistical quality control, time study, line balance, sales forecast and plant distribution. The study concludes that it was possible to reduce the losses due to the High index of products rejected by the client from S / 155,833 soles to S / 68,751.96 soles, achieving a reduction of 55.88%. The application of the balance of lines allowed to increase the speed of production of stretchers from 2.55 min / stretcher to 0.85 min / stretcher. The use of a seasonal sales forecast was able to reduce losses due to lack of production planning from S / 97,200 soles to S / 0 soles. On the other hand, it was possible to reduce the displacement of workers from 54,354 meters to 39,003 meters, achieving a reduction of 28.24%. Regarding the financial indicators, the VAN obtained was S/34,365.00 the TIR was 59.5% and the Investment was S/34,365.00

Keywords: Production, Line balance, Operating costs

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Actualmente las empresas deben estar en constante mejora, para poder aprovechar las oportunidades de crecimiento que se presentan. Durante los últimos años se ha venido dando una creciente globalización de la economía, los mercados son cada vez más competitivos, abiertos, y están en búsqueda de alcanzar el libre intercambio (Rojas, Romero, & Sepúlveda, 2000). La globalización abrió las puertas a las empresas peruanas a nuevos mercados, y también unas mayores exigencias de los clientes en la fabricación de productos, por lo que el nivel de competitividad de las empresas ha ido creciendo continuamente. Como hemos podido apreciar la globalización se da por el avance tecnológico y de innovaciones, entre los principales tenemos la mejora en la comunicación, los flujos de información, nuevos métodos de producción, reducción de tiempo y distancias. (Vega, 2013).

Una de las principales áreas dentro de las empresas, donde se busca mejorar continuamente, es el área de producción, que es el lugar donde más problemas se suele encontrar, como lo son, el alto desperdicio de materiales, ineficiencia de las máquinas, la mala distribución de la planta, tiempos muertos, etc. Para que una empresa logre sobrevivir al fenómeno de la globalización, debe atender estas necesidades, debe estar a la par con el resto de competidores, porque de lo contrario podría desaparecer.

La empresa Aserradero Tung Ying S.R.L es una maderera que se dedica principalmente a la producción de parihuelas, durante los últimos 2 años ha tenido

un decrecimiento consecutivo en las ventas del 15% en la línea de producción de parihuelas, el alto índice de productos rechazados por el cliente ha provocado pérdidas económicas de aproximadamente S/85,620.00 anuales, las máquinas paradas por WIP generan pérdidas de S/ 41,890.25, por entregas fuera de tiempo las pérdidas monetarias son de S/ 97,200.00, por traslados del personal entre áreas S/ 5,036.90, la cantidad de materia prima desperdiciada durante el proceso productivo genera pérdidas monetarias que ascienden a S/ 1,097,652.51

Antecedentes

En la investigación de (Dávalos, 2015) “**Aplicación de Lean Manufacturing en el área de producción y su influencia en la rentabilidad de la empresa Producciones Nacionales TC EIRL**” encontró que los desperdicios identificados están asociados a productos defectuosos, tiempos de espera y averías, los cuales se minimizan a partir de la estandarización de procesos que permita tener una guía gráfica y descrita de cómo realizar las actividades; realizando una reasignación de actividades a partir de diagramas hombre – máquina, que permita minimizar los tiempos de espera y determinar el número adecuado de operarios necesarios Así mismo implementar un plan de mantenimiento preventivo que permita minimizar las averías, con lo cual reduciremos las horas extras y los retrasos en las fechas de entrega de los pedidos. “Lo cual permitió 5% de la cantidad de productos defectuosos, eliminación de paradas de producción no programadas y minimizar el tiempo de espera de los operarios. Generando ello el incremento en 0,65% de la rentabilidad mensual y en 1,78% de la rentabilidad trimestral. Generando una mayor flexibilidad, eliminación del uso de horas extras y cumplimiento con las fechas de entrega de los pedidos”.

Según la investigación de (Flores, 2013) **“Propuesta de aplicación de herramientas y Técnicas de lean Manufacturing para Incrementar el margen de utilidad bruto en la empresa Calzature Merly E.I.R.L”** se identificó que la causa principal de la baja rentabilidad en la empresa Calzature Merly’s E.I.R.L. está relacionada a la capacidad de producción; es decir, actualmente existe demanda insatisfecha por motivo de la insuficiente capacidad de planta, ya que la empresa no puede cubrir la demanda porque la capacidad de producción no permite aumentar el volumen que ofrece al mercado. Por lo que se decidió aplicar un mejoramiento del proceso productivo en base a técnicas de Lean Manufacturing. Lo cual dió como resultado que según la investigación realizada y las utilidades esperadas de acuerdo a las propuestas de mejora del proceso en base a técnicas de Lean Manufacturing y la instalación de una nueva planta con un análisis a corto y mediano plazo, se identificó que las utilidades brutas y netas incrementarían notablemente en relación a los años 2010, 2011 y 2012 Los indicadores del Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno de la inversión son los siguientes: VAN: S/81494.41 y TIR: 1.37

En la investigación de (Correa & Huamán, 2016) **“Propuesta de implementación de las herramientas Lean Manufacturing para incrementar la productividad en el proceso de producción de panela orgánica en la Empresa Agroindustrias Centurión S.R.L”** se identificaron los siguientes problemas: transportes innecesarios y movimientos innecesarios de los operarios, los cuales generaban tiempos considerables de valor no agregado (TNVA); también se identificó falta de mantenimiento, el cual afectaba la eficiencia de los equipos y la calidad del producto, la cantidad de paradas planificadas del trapiche (molino) durante el mes

de agosto fue 25 paradas; finalmente se identificó procesos inapropiados y falta de autocontrol de calidad, que generaba kilogramos defectuosos y reprocesados. Todos los problemas que identificados generaban bajos niveles de productividad en la línea de producción de panela orgánica. Debido a esto se propuso la implementación de las Herramientas de Lean Manufacturing para mejorar significativamente los niveles de productividad en la línea de producción de panela orgánica, y se llegó a la conclusión de que “con la propuesta de implantación de las Herramientas de Lean Manufacturing en el proceso de producción de panela orgánica se logra incrementar la productividad de mano de obra de 66.66 Kg /H a 85.6 Kg/H. Con la metodología costo-beneficio se determinó que el proyecto es viable, ya que el VAN obtenido es S/. 244,955.14 y el TIR obtenido es 60%.”

En la investigación de (Checa, 2014) “**Propuesta de mejora en el proceso productivo de la línea de confección de polos para incrementar la productividad de la empresa Confecciones Sol**” se identificaron los siguientes problemas: En el taller; todos los procesos desde corte, confección, control de calidad y planchado y embolsado son ejecutado por un solo operario, el mismo que excede su capacidad de producción y por lo tanto no produce a su capacidad real; hay sobrecarga laboral y su productividad es de 32.64%. Las máquinas tienen una antigüedad de 8 años, el taller no está distribuido correctamente, genera movimientos innecesarios, tiempos de producción de 19.7 min por polo confeccionado, obtenido una producción real de 30 polos/día; siendo su estándar 551 polos/día en tiempos de producción actuales. La Empresa rechaza pedido; por falta de capacidad de planta; ya que al no tener capacidad productiva y no poder cumplir con el pedido: opta por no tomar el pedido; perdiendo en promedio 24.4%

de ventas mensuales. Por lo que se realizó una propuesta de mejora para estudio de tiempos y método de trabajo, para la Gestión de Almacén y Distribución de Planta. Se llegó a la conclusión de que “al aplicar en conjunto las propuestas de mejora planteadas en el estudio de investigación, se logra incrementar la productividad de línea de polos básicos a 90.68%, es decir una producción semanal de 500 prendas”.

En la investigación de (Arana, 2014) “**Mejora de productividad en el área de producción de carteras en una empresa de accesorios de vestir y artículos de viaje**”. El análisis de la situación de la empresa mediante el diagrama de Pareto indicó que el 80% de los factores son maquinaria inadecuada y la falta de métodos de trabajo; siendo estos los primeros factores de oportunidad en la empresa. Debido a esto se optó por la aplicación del ciclo PHVA, que es la única herramienta que se basa en un enfoque de gestión basados en los procesos. Se obtuvo como resultado: “De acuerdo con el estudio de tiempos con la adquisición de maquinaria y considerando los mismos tiempos de la mano de obra, se observó una disminución significativa en el tiempo de fabricación del producto patrón, de 110.05 min a 92.08 min, lo que significó un 16% de mejora. Respecto al análisis de la productividad total, después de implementar las mejoras, se observó un aumento considerable de 1.01% con respecto a la productividad inicial, lo cual significa que la mejora fue efectiva a corto plazo, igualmente repercutió en la Efectividad con un incremento de 31%. El ahorro generado por la implementación de las herramientas de mejora ascendió a más de 3 mil soles mensuales en base a los costos de calidad, lo que generó mayor ingreso a la empresa, elevando así el índice de ventas y el índice de satisfacción de los clientes.”

Definiciones Conceptuales

Diagrama Ishikawa

Rojas, A. (2009) nos dice que, “El diagrama de causa-efecto, diagrama de pez o diagrama de Ishikawa es una herramienta que se utiliza para relacionar los efectos con las causas que los producen. El funcionamiento es el siguiente, según los participantes van aportando ideas sobre las causas que pueden producir los efectos se van registrando en el diagrama. Cuando han terminado las aportaciones se reordenan las causas de forma jerárquica y se eliminan las repetidas. A continuación, se puede plantear un plan de recogida de datos para contrastar estas hipótesis. En el análisis de un proceso industrial es frecuente realizar el diagrama de Ishikawa clasificando las causas según las “M”: Máquina, Materia Prima, Método de trabajo, Mano de obra, Medio Ambiente.”

Encuesta Exploratoria a Expertos

Cazau, P. (2006), nos dice que, “En la investigación de carácter exploratorio el investigador intenta, en una primera aproximación, detectar variables, relaciones y condiciones en las que se da el fenómeno en el que está interesado, por ello para llevarla a cabo se base en estrategias, como consultar a expertos o grupos de discusión y revisar, además de analizar datos disponibles de otras fuentes. En otros términos, trata de encontrar indicadores que puedan servir para definir con mayor certeza un fenómeno o evento, desconocido o poco estudiado.”

Matriz De Priorización

Rojas, A. (2009). afirma que, “La matriz de priorización es una herramienta cualitativa en la cual se analiza y se establece una prioridad a varias alternativas planteadas por un equipo. Estas alternativas son evaluadas en base a diferentes criterios de interés y a cada criterio es asignado una ponderación de importancia. Luego de analizar cada alternativa en base a cada criterio se obtendrá la alternativa que más satisfaga a los criterios de interés y viceversa el criterio que más satisfaga a todas las alternativas”.

Tamayo, P. (2014) sostiene que “La matriz de priorización es una herramienta cualitativa en la cual se analiza y establece una prioridad a varias alternativas planteadas por un equipo. Estas alternativas son evaluadas en base a diferentes criterios de interés y cada criterio es asignado una ponderación de importancia. Luego de analizar cada alternativa en base a cada criterio se obtendrá la alternativa que más satisfaga a los criterios de interés y viceversa el criterio que más satisfaga a todas las alternativas. Esta tiene el beneficio, en que resulta más fácil escoger la mejor alternativa que salió del equipo de trabajo. De esta manera se construye automáticamente el consenso del equipo y se llega a una elección objetiva.”

	A. Bajo costo	B. Variedad de actividades	C. Ambiente diferente	D. Alto valor educativo	
	38,3%	28,3%	21,7%	11,7%	Porcent.
1. Orlando, EUA	4,7%	30,0%	26,0%	22,0%	18,5%
2. Fortaleza, CE	12,7%	20,7%	16,7%	16,7%	16,3%
3. Bonito, MS	14,0%	10,0%	20,7%	18,0%	14,8%
4. Parati, RJ	15,3%	15,3%	16,7%	19,3%	16,1%
5. Santos, SP	24,7%	19,3%	11,3%	16,7%	19,3%
6. Sitio del Tío “Virso”	28,7%	4,7%	8,7%	7,3%	15,0%

Figura 1. Matriz de priorización indicando diferentes valores de alternativas y criterios (Tamayo, P. 2014)

Diagrama de Pareto

Sales, M. (2009) explica que, “El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades. Mediante el Diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Ya que, por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos.”

Según Sales, M. (2009), indica que mediante el Diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Ya que, por lo general el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos. La minoría vital aparece a la izquierda de la gráfica y la mayoría útil a la derecha. Hay veces que es necesario combinar elementos de la mayoría útil en una sola clasificación denominada otros, la cual siempre deberá ser colocada en el extremo derecho. La escala vertical es para el costo en unidades monetarias, frecuencia o porcentaje. La gráfica es muy útil al permitir identificar visualmente en una sola revisión tales minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción

correctiva sin malgastar esfuerzos.

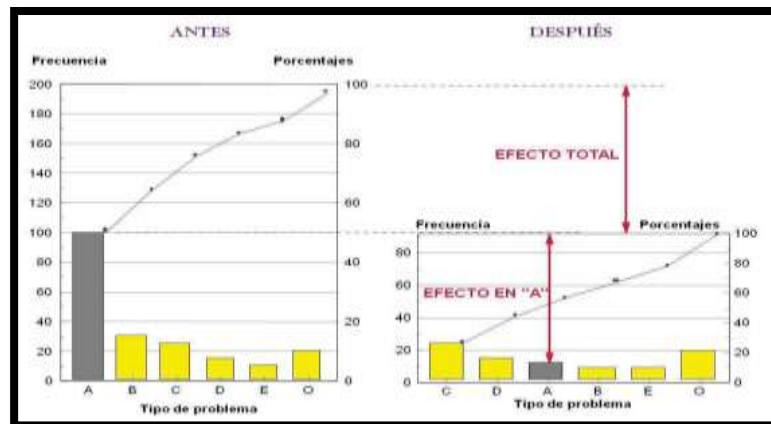


Figura 2. Diagrama de Pareto (Sales, M. 2009).

Matriz de Indicadores

Jimarez, R. & Zárate, M. (2017) nos dicen que, “Consiste en representar a través de un diagrama, la solución determinada. Esta matriz, conocida como MIR, es la representación de todo el trabajo realizado en la MML, es el punto culminante y busca mostrar, a través de un solo vistazo, la ruta de solución a seguir.”

Gestión de la Logística

Duque, J. (2012). Afirma que “Una gestión logística eficiente permite establecer una mejor coordinación de las actividades de la empresa, logrando generar un valor diferenciador entre sus competidores, puesto que, una adecuada gestión logística, puede proporcionar una fuente importante de ventajas competitivas, en otras, palabras a través de la logística puede conseguirse una posición de perdurable superioridad sobre los competidores en términos de preferencias del consumidor, lo que conlleva a las compañías a ir mejorando en sus procesos para ir conservando sus antiguos clientes y llamar la atención de otros posibles a futuro”.

Definición de Términos

5S

Villacreses, K. & Castro, D. (2005), nos comentan que, “5S es una filosofía de trabajo que permite desarrollar un plan sistemático para mantener continuamente la clasificación, el orden y la limpieza, lo que permite de forma inmediata una mayor productividad, mejorar la seguridad, el clima laboral, la motivación del personal, la calidad, la eficiencia y, en consecuencia, la competitividad de la organización.”

Diagrama de Operaciones de Proceso (DOP)

SENATI (2013), afirma que, “Este diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones de taller o en máquinas, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque o arreglo final del producto terminado. Señala la entrada de todos los componentes y subconjuntos al ensamble con el conjunto o pieza principal. De igual manera que un plano o dibujo de taller presenta en conjunto detalles de diseño como ajustes, tolerancias y especificaciones, todos los detalles de fabricación o administración se aprecian globalmente en un diagrama de operaciones de proceso.

Estudio de Tiempos

Según Hodson (1996), el estudio de tiempos es el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado quien trabajando a un nivel

normal de desempeño realiza una tarea conforme a un método especificado. En la práctica, el estudio de tiempos incluye, por lo general, el estudio de métodos. Además, sostiene que los expertos tienen que observar los métodos mientras realizan el estudio de tiempos buscando oportunidades de mejoramiento.

Poka Yoke

De la Vara, R., & Gutiérrez, H. (2004) sostienen que, “Poka Yoke se refiere al diseño de dispositivos a prueba de errores y olvidos. La inspección o detección de los defectos por si sola no mejora el desempeño de un proceso. La inspección y el monitoreo de procesos debe enfocarse a detectar la regularidad estadística de las fallas para identificar donde, cuando y como están ocurriendo las fallas a fin de enfocar mejor las acciones correctivas. Sumado al riesgo del proceso, el factor humano es una de las causas principales de error en los procesos, ya que las personas tienen olvidos y la rutina del trabajo la pueden llevar a descuidos.”

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta de mejora en la línea de producción de parihuelas sobre los costos operativos de una empresa de aserradero de Trujillo?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el impacto de la propuesta de mejora en la línea de producción de parihuelas sobre los costos operativos de una empresa de aserradero de Trujillo

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la línea de producción de parihuelas.
- Diseñar la propuesta de mejora para la línea de producción de parihuelas
- Comparar la reducción de los costos operativos antes y después de la propuesta de mejora.
- Evaluar económicamente la propuesta

1.4. Hipótesis

La propuesta de mejora en la línea de producción de parihuelas reduce los costos operativos de una empresa de aserradero de Trujillo.

1.5. Variables

Variable Independiente: Mejora de la línea de producción

Variable Dependiente: Costos Operativos

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

- Por el tipo de Investigación: Aplicada
- Por el Diseño: Pre-Experimental

Pre prueba – post prueba

$$GE: O_1 \quad X \quad O_2$$

Donde:

G.E: Grupo Experimental (Mejora de la línea de producción)

O_1: Pre Test (Costos operativos antes de la propuesta)

O_2: Post Test (Costos operativos después de la propuesta)

X: Mejora de la línea de producción

2.2. Población y muestra

- Población: Una empresa de aserradero de Trujillo
- Muestra: Línea de producción de parihuelas de una empresa de aserradero Trujillo

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Tabla 1

Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Técnicas	Instrumentos
Observación	Guía de Observación
Entrevista	Cuestionario.
Encuesta	Encuesta Aplicada:

2.4. Procedimiento de recolección y análisis de datos

Tabla 2

Procedimiento de recolección y análisis de datos

Etapas	Procedimiento
Etapas Etapas 1: Diagnóstico de la realidad actual de la empresa	<ul style="list-style-type: none"> - Observación directa: Esta técnica se realizará mediante la visita al área de producción visualizando los procesos y funciones de los operarios de producción. - Entrevista: Se usará esta técnica con la aplicación del cuestionario para recolectar información sostenible sobre los procesos de la línea de producción. - Encuesta: Se aplica la encuesta a las personas involucradas para conocer la significancia de las causas raíces. - Análisis documental: esta técnica servirá para consolidar información sustentable para la tesis. - Matriz de Priorización: Se priorizan las causas raíces de mayor a menos impacto. - Pareto: Se aplica el Diagrama de Pareto con la finalidad de determinar las caudas raíces que ocasionan el problema en un 80% de impacto.
Etapas 2: Propuesta de mejora	<ul style="list-style-type: none"> - Se desarrollan las metodología, herramientas y técnicas de la Ingeniería Industrial para la solución de los problemas.
Etapas 3: Evaluar económicamente la propuesta	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar los indicadores financieros como VAN, TIR,

2.5. Aspectos Éticos

El presente trabajo de investigación respeta la privacidad de cada autor con relación a la información y datos obtenidos de diferentes fuentes tanto científicas como

repositorios citadas de una manera correcta con el formato APA, solo para el uso correcto y sustento de la tesis en estudio.

2.6. Diagnóstico general de la empresa

Breve descripción general de la Empresa

- Nombre de la empresa: Aserradero Tung Ying S.R.L.
- Dirección: Panamericana Norte Km 562, Trujillo
- RUC: 20170308761
- Giro del Negocio:
- Fabricación de artículos de madera
- **Reseña Histórica:** En la década de los 90's el señor Tung Ying inicio con empeño y sacrificio su actividad comercial en el sector forestal peruano. Con visión y amor al trabajo formo la empresa Aserradero Tung Ying S.R.L., la cual fue reconocida por su gran nivel de atención al cliente y productos de calidad superior. En el año 2005 se inaugura la planta de re aserrío en el centro poblado de Miramar del distrito de Moche cambiándose el nombre comercial por Aserradero Tung Ying S.R.L. Con el pasar de los se ha convertido en una empresa sólida, con un inigualable nivel de atención al cliente, con una amplia oferta de productos y servicios de excelente calidad y un gran prestigio logrado con esfuerzo a nivel nacional e abasteciendo a importantes empresas de la región.

Direccionamiento Estratégico Actual

- **Misión:** Ofrecer a las empresas exportadoras un producto que facilite el estibado y movilización de piña, banano, mariscos, melones y otros, elaborando Pallets de madera de Pino con tratamiento térmico especializado, cumpliendo con las normas y regulaciones internacionales, brindando así a las compañías transnacionales la facilidad de adquirir este producto con los más altos estándares de calidad, proporcionando precios accesibles y un tipo de distribución directa del productor al consumidor final.
- **Visión:** Convertirnos en los líderes y proveedores globales de mercado en la fabricación y exportación de Pallets con tratamiento térmico especializado, precios competitivos y cumpliendo con las normas y regulaciones internacionales.

Estrategias de competitividad

- La estrategia de competitividad se refiere a los aspectos que harán que la empresa se mantenga en el mercado para ello se determinaron las siguientes estrategias:
- Mejorar y mantener la calidad del pallet como herramienta para intervenir agresivamente en el mercado, buscando que este responda favorablemente al prestigio de Aserradero Tung Ying S.R.L.
- Conocer y atender a los clientes estratégicos y mejorar el valor percibido del pallet para mantener relaciones a futuro y a largo plazo manteniendo los clientes actuales y futuros.

- Desplazar mediante la seriedad, conocimiento y calidad del servicio a los pequeños competidores (informales o artesanos).

Estrategias de crecimiento

Para lograr un crecimiento en ventas, existen 4 posibles combinaciones basadas en los mercados y en los productos.

Tabla 3 *Mercados vs Productos*

Mercados	Productos Actuales	Productos Nuevos
Actuales	Penetración de Mercados	Desarrollo de Productos
Nuevos	Desarrollo de Mercados	Diversificación

Organización de la Empresa

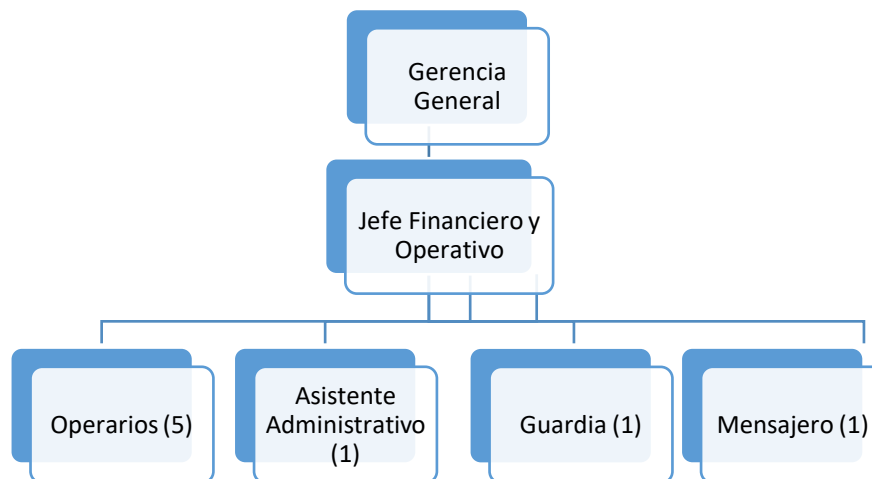


Figura 3. Organigrama de la empresa

- **Gerente General:** Se encarga de planificar los objetivos de la empresa, a corto y largo plazo, dirige la empresa y toma decisiones, continuamente compara las actividades planificadas con lo realizado para detectar fallas y poder tomar mejores decisiones.

- **Jefe Financiero y Operativo:** Se encarga de gestionar la liquidez de la empresa, conseguir financiación bancaria para los proyectos en marcha, analizar las posibilidades de inversión. También está encargado de controlar todas las actividades diarias y el manejo de las operaciones:
- **Asistente Administrativo:** Se encarga de las contrataciones de personal, de fijar un horario para cada trabajador, llevar un registro y control de los ingresos y salidas de dinero de la empresa.

Principales productos o servicios

- **Pallets:** Una parihuela es un armazón fabricado de madera, plástico o de otros materiales, empleado en el movimiento de carga ya que facilita el levantamiento y manejo con pequeñas grúas. Son uno de los sistemas de cargas más simples y utilizados en la actualidad, debido a que permite agrupar bultos de diferente peso. Tamaño y dimensión en una unidad homogénea de carga, lo cual produce una reducción de costos y riesgos asociados a la operación logística.



Figura 4. Modelo de pallet durmiente con 2 entradas

Materia prima utilizada

La empresa Aserradero Tung Ying S.R.L. trabaja con madera de pino:

FICHA TÉCNICA DE LA MADERA DE PINO	
Nombre científico: <i>Pinus radiata</i> D. Don.	
Nombres comunes: Pino candelabro, pino insigne, pino de Monterrey, pino de California.	
Propiedades organolépticas:	
Color	De albura blanco-amarillenta con transición gradual a duramen amarillo, aumentando su intensidad al pardo amarillento o pardo marrón.
Brillo	Medio.
Grano	Recto.
Textura	Fina.
Veteado	Suave, con líneas longitudinales oscuras.
Olor	Característico olor a resina.
Características generales según la manipulación y uso de la madera:	
Dureza	Madera semidura.
Secado	De buen secado al aire libre y de fácil secado artificial, presenta deformaciones leves.
Resistencia	Media, especial para estructuras.
Trabajabilidad	Fácil, pero suele presentar defectos muy leves en el cepillado y moldurado debido a los nudos, posee buenas aptitudes para el encolado.
Durabilidad	Madera poco durable, no resiste el ataque de hongos e insectos. De duramen no impregnable y de albura poco impregnable, posee una vida útil inferior a los cinco años y una duración en uso exterior de un año.
Usos	Ebanistería, muebles y contrachapados, tableros de partículas y fibras, pisos, molduras, vigas, papel y otros.

Figura 5. Ficha técnica de la madera de pino

Características

- **La madera de pino se impregna fácilmente:** Sin tratamiento o deficientemente tratada, es muy fácil que una madera cualquiera se pudra o sufra ataque de insectos en plazos inferiores a algunos meses. Ciertas maderas, en general tropicales, ofertan una aceptable durabilidad natural, pero económicamente o físicamente (peso, dureza...) no son satisfactorias.
- **La madera de pino ofrece buenos niveles de resistencia mecánica:** Densidad, dureza, contracción, flexión, elasticidad/flexibilidad son las

características contempladas para elegir una madera. El pino no destaca en una de ellas, pero, globalmente, es la madera que proporciona la mejor combinación.

- **La madera de pino es fácilmente transformable y procesable:** Se trata de una madera semi-pesada, poco nerviosa (fibra recta), semi-dura, la cual es apta para el chapado y cuyo mecanizado es fácil en todos los aspectos (cepillado, torneado, moldurado, taladrado, etc.). El encolado es apto, se puede clavar y atornillar con facilidad. Se combina sin dificultad con piezas metálicas de conexión.

Principales Clientes y Competidores

- **Principales clientes:**

Winter's : es una popular marca de chocolates y otros productos del país, cuenta con más de cuarenta marcas en su cartera de productos. cacaos, modificadores de leche, chocolates, galletas, caramelos, chicles, pastillas, goma de mascar, helados, dulces de crema, malvaviscos, y pan dulce.

Agroindustrias Josymar: Agroindustrias Josymar S.A.C., es una empresa agroindustrial peruana, con más de 15 años de creación, la misma que se dedica a elaborar conservas de espárragos, alcachofas, pimientos y poros.

Asociación Agrícola Compositan Alto: Asociación Agrícola Compositan Alto se dedica principalmente a la producción y exportación de conservas de espárrago

- **Principales competidores:**

Maderera Brasil SAC: Empresa dedicada a la compra y venta de madera, compra de parihuelas de segunda mano, fabricación de parihuelas (pallets) y muebles (camas, cómodas, veladores y puertas) y fabricación de cajas de frutas según necesidad del cliente.

Comercial Leo: Empresa maderera especializado en la fabricación y comercialización de parihuelas, cajas y marcos de madera. Cuentan con un equipo de trabajo con experiencia calificada que desarrollan productos según la necesidad del cliente, también realizan servicio de tratamiento térmico certificado por SENASA.

Aserradero el tigrillo: Fabricación de parihuelas de madera, cajas y embalajes de madera, jaulas de madera de acuerdo a medidas estándar o medidas que indique el cliente, con certificación Senasa. Servicio logístico.

Diagrama de Actividades de Proceso









Documentos de Entrada	I	ACTIVIDAD	QUIEN	Proc	P/ I	Insp	Trans	Alm	Dem	TIEMPO ESTIMADO (Min)	DISTANCIA (Mts)	OBSERVADAS
				<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
GUIAS DE REMISIÓN	1	RECEPCIONAR MATERIA PRIMA	Administrador y Operarios.	<input checked="" type="checkbox"/>						120		La recepción es de la MP total.
	2	TRASLADAR MP A ÁREA DE CORTE	Operarios				<input checked="" type="checkbox"/>			2	5	Para un pallet es necesario un tronco de 2 m aprox.
	3	PRIMER CORTADO DE TRONCOS	Operarios	<input checked="" type="checkbox"/>						1		El tronco inicialmente se parte en 2 (1m cada uno).
	4	INSPECCIÓN	Administrador y Operarios.			<input checked="" type="checkbox"/>				0.15		Se inspecciona que el centro del tronco este en buenas condiciones.
	5	DESCORTEZADO	Operarios	<input checked="" type="checkbox"/>						1		En este Proceso se quita la corteza de los troncos.
	6	TRASLADO A MAQUINA TABLADORA	Operarios				<input checked="" type="checkbox"/>			1	3	
	7	CORTE DE TRONCO EN TABLAS, INSPECCIÓN DE ESTADO	Operarios		<input checked="" type="checkbox"/>					3		En este Proceso se corta los troncos en tablas de 100 cm * 6.5 cm*1.5 cm. Y se inspecciona su buena calidad.
	8	TRASLADO AL ÁREA DE CEPILLADO Y PERFILADO	Operarios				<input checked="" type="checkbox"/>			2	4	
	9	CEPILLADO Y PERFILADO	Operarios	<input checked="" type="checkbox"/>						3		En este proceso se cepilla y perfila las tablas antes obtenidas.
	#	INSPECCIÓN	Operarios			<input checked="" type="checkbox"/>				0.15		Se inspecciona que las tablas esten en buenas condiciones.
	#	TRASLADO AL ÁREA DE ARMADO	Operarios				<input checked="" type="checkbox"/>			0.15	1	
	#	ARMADO DE PALLETS	Operarios	<input checked="" type="checkbox"/>						5		
	#	TRASLADO AL ÁREA DE PRE - SECADO	Operarios				<input checked="" type="checkbox"/>			1	5	En el pre secado se hace a temperatura ambiente.
	#	TRASLADO AL HORNO	Operarios				<input checked="" type="checkbox"/>			2	5	
	Formato con instrucciones	#	HORNEADO DE PALLETS	Operarios	<input checked="" type="checkbox"/>					1		
	#	TRASLADO A ALMACEN	Operarios				<input checked="" type="checkbox"/>		1	2		
	#	ALMACENAMIENTO DE PALLETS	Operarios					<input checked="" type="checkbox"/>	0			
TOTAL				6	1	2	7	1	0	143.45	25	

Figura 6. Diagrama de actividades del proceso

Proceso de producción de las parihuelas

Tabla 4

Proceso productivo de las parihuelas

Ítem	Proceso	Descripción	Visualización
1	Clasificación de materia prima	En este proceso se separan los troncos que están aptos para ser enviados al siguiente proceso	
2	Eliminación de la corteza	Se descorteza los nudos de la madera seca, extremos brotados gruesos y similares partes de rollizo problemáticos., buscando tener uniformidad en cada uno de los lados.	
3	Corte de los troncos	Se cortan los troncos con una máquina cortadora de forma que tengan una longitud de 1.20 m. de largo	
4	Corte de los troncos en tablas	Con ayuda de una máquina cortadora de madera se realiza el despiece en cortes paralelos y se obtienen tablonés de igual ancho pero la pieza central se hiende con facilidad.	
5	Armado	Dependiendo del tipo de pallet que el cliente desee, se apilan las tablas de madera de manera que formen una tarima y se aseguran con clavos, procurando que el pallet se fije adecuadamente.	
6	Pre secado	Los pallets ya armados son llevados al área de pre secado en donde están expuestos a la intemperie y se dejan ahí por 3 días para luego seguir con su procesamiento.	
7	Horneado de pallets	La madera es colocada dentro de una cámara donde el flujo de aire, temperatura, y humedad son controladas para proporcionar un secado tan rápido como pueda ser tolerado por la madera sin causar defectos mayores.	
8	Almacenamiento	Los pallets ya armados se apilan lejos de la línea o zona de ensamble. Apiladores especiales ponen los pallets uno encima del otro y los mueven a un área de almacenaje o a una zona de carga, listos para distribuirlos a los clientes	

2.7. Situación Problemática

La empresa Aserradero Tung Ying S.R.L ha presentado múltiples causas entre las cuales tenemos: No existe un método de trabajo estandarizados, a través de una toma de tiempos se pudo observar que la diferencia de tiempo para armar un pallet tiene variaciones muy altas, debido a que cada trabajador tiene un método de trabajo propio, se determinó que un trabajador experimentado armaba una parihuela en 1.10 minutos, mientras que un trabajador promedio lo hace en 1.27 minutos. Además, se pudo observar que no llevaban un registro de producción, no tenían tampoco ordenes de producción, lo cual provocaba confusión en los trabajadores y hacia que produzcan pallets de tamaños no deseados y tipos de pallets que no se habían pedido, por lo que se tenían que almacenar hasta que exista un pedido por ese tipo de pallet producido, estas fallas alcanzaban el 8% del total de la producción.

También se determinó que el ambiente de trabajo afecta el rendimiento de los trabajadores, debido al sonido emitido por las cortadoras que alcanzan los 91.6 (dB) el cual supera los límites máximo permisibles y no cuentan con los Epps necesarios para enfrentar este problema, lo cual ha venido provocando que el índice de rotación de los trabajadores sea muy alto, además debido al mal diseño de la planta los trabajadores tienen dificultades para transitar entre cada estación debido a que hay madera apilada por todos lados, el tiempo que los trabajadores pasan transitando entre las diferentes áreas representa un 12% del total de horas de trabajo.

La empresa en estudio cuenta con 5 máquinas cortadoras las cuales tiene más de 30 años funcionando, existiendo máquinas modernas que hacen el mismo trabajo en casi un 40% menos tiempo que las máquinas actuales. No existe un plan de mantenimiento

preventivo para las máquinas cortadoras, solo se realiza mantenimiento correctivo por lo que las fallas en las máquinas son muy recurrentes, hay un promedio de 3.2 paradas al mes por cada máquina, provocando algunas veces que se tenga que parar la producción por 4 o 5 horas.

Otro problema importante que se pudo observar es que los tiempos de trabajo de cada estación varían bastante respecto a las demás, lo cual provoca que se genere inventario entre cada estación y haciendo que algunas dejen de trabajar por falta de material. Además, no tienen los implementos necesarios para medir la humedad de las parihuelas la cual debe estar entre 22 y 25%, y esto ha provocado que algunas veces los pedidos sean rechazados por no cumplir con estos requerimientos, las devoluciones por esta causa representan un 10.3% de las ventas totales.

2.8. Análisis de Causas y Priorización

Identificación del problema

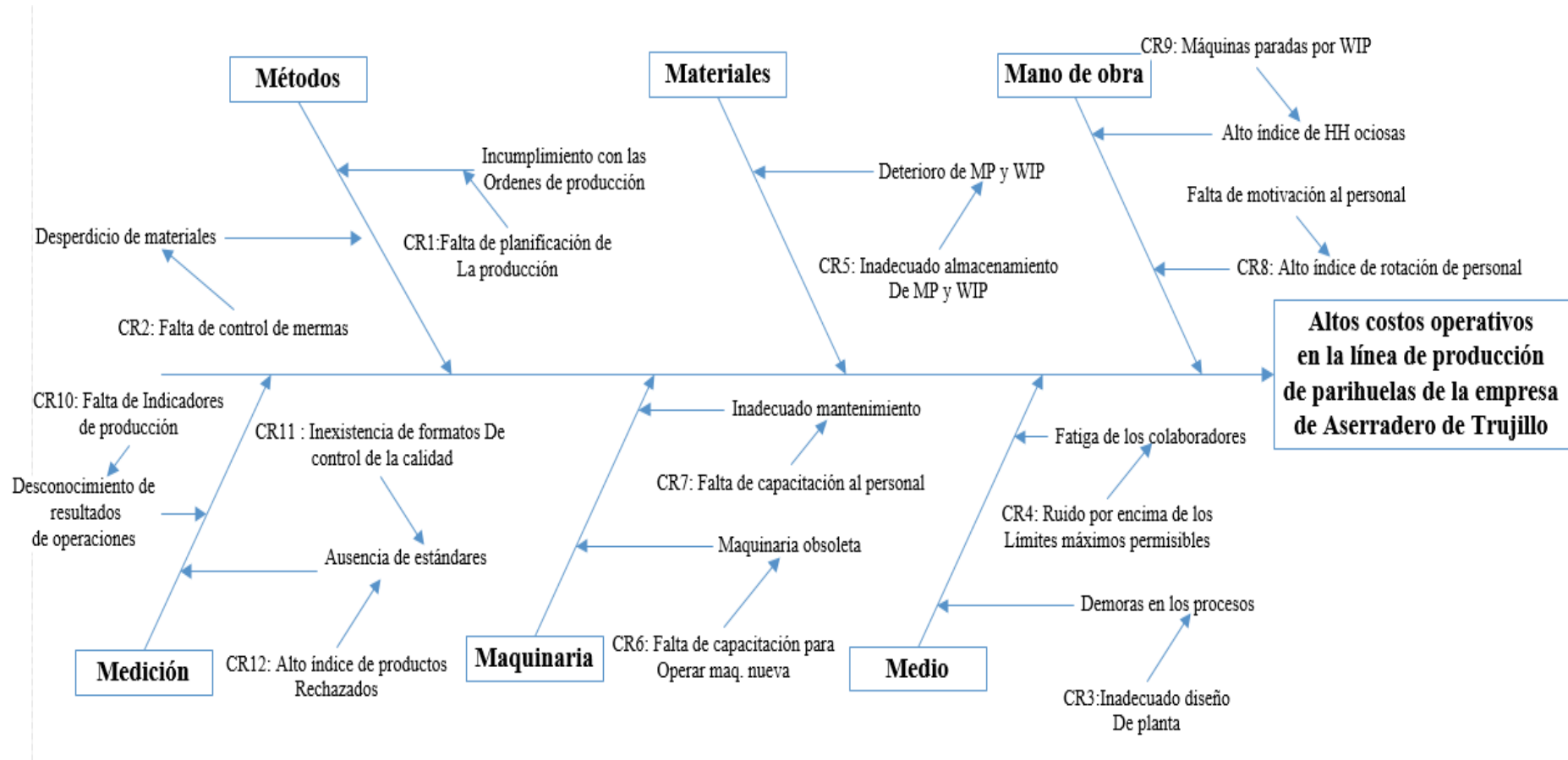


Figura 7. Diagrama de Ishikawa de los altos costos operativos de la línea de producción de parihuelas de una empresa de Aserradero en Trujillo

Priorización de Causas Raíz

Una vez identificadas las causas raíces, se procedió a determinar cuáles causas son las que generan un mayor impacto en los costos de la empresa, lo cual se hizo con la ayuda de una encuesta a expertos realizada a los trabajadores de la línea de producción de parihuelas de la empresa Aserradero Tung Ying S.R.L.

Tabla 5

Matriz de priorización de causas raíces

Ítem	Causas	Resultado	% Impacto	% Acumulado
CR12	Alto índice de productos rechazados.	46	15%	15%
CR9	Máquinas paradas por WIP	46	15%	29%
CR1	Falta de planificación de la producción.	45	14%	43%
CR3	Inadecuado diseño de planta	44	14%	57%
CR2	Falta de control de mermas	44	14%	71%
CR11	Inexistencia de formatos para el control de la calidad	14	4%	76%
CR7	Falta de capacitación personal.	14	4%	80%
CR4	Ruido por encima de los límites máximos permisibles	13	4%	84%
CR5	Inadecuado almacenamiento de MP y WIP	13	4%	88%
CR10	Falta de indicadores de producción	13	4%	92%
CR6	Falta de capacitación para operar la maquinaria nueva.	12	4%	96%
CR8	Alto índice de rotación de personal	12	4%	100%

Diagrama de Pareto

Se determinó que las causas raíces que causan el mayor impacto en los costos son:

- Alto índice de productos rechazados por el cliente.
- Máquinas paradas por WIP
- Falta de planificación de la producción.
- Falta de orden en el área de trabajo

- Falta de control de mermas
- Inexistencia de formatos para el control de la calidad

En conjunto estas causas raíces representan el 80% de los costos de la línea de producción de parihuelas de la empresa Aserradero Tung Ying S.R.L.

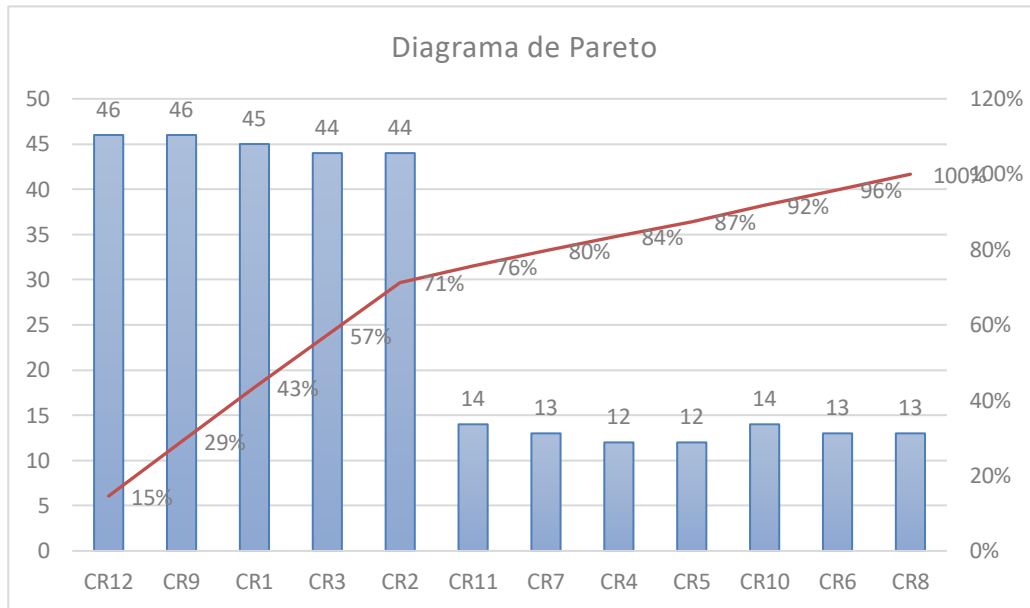


Figura 8. Diagrama de Pareto de las causas raíces

2.9. Monetización de pérdidas

CR12: Alto índice de productos rechazados

Se tomaron en cuenta la cantidad de parihuelas rechazadas por pedido, y las causas por las cuales eran devueltos.

Tabla 6
Cantidad y causas de productos rechazados

Pedido N°	N° Parihuelas Devueltas	Causa de Devolución	Pérdida
1357	22	Rajados	S/ 660.00
1362	87	Medidas incorrectas	S/ 2,610.00
1367	88	Clavos sobresalidos	S/ 2,640.00
1374	21	Rajados	S/ 630.00
1380	65	Medidas incorrectas	S/ 1,950.00
1392	49	Medidas incorrectas	S/ 1,470.00
1402	56	Rajados	S/ 1,680.00
1416	160	Medidas incorrectas	S/ 4,800.00
1428	90	Clavos sobresalidos	S/ 2,700.00
1435	43	Medidas incorrectas	S/ 1,290.00
1447	43	Medidas incorrectas	S/ 1,290.00
1447	30	Rajados	S/ 900.00
1457	220	Medidas incorrectas	S/ 6,600.00
1470	15	Rajados	S/ 450.00
1479	68	Medidas incorrectas	S/ 2,040.00
1498	46	Medidas incorrectas	S/ 1,380.00
1502	97	Clavos sobresalidos	S/ 2,910.00
1520	125	Medidas incorrectas	S/ 3,750.00
1527	60	Medidas incorrectas	S/ 1,800.00
1529	16	Rajados	S/ 480.00
1533	99	Medidas incorrectas	S/ 2,970.00
1537	65	Clavos sobresalidos	S/ 1,950.00
1540	54	Clavos sobresalidos	S/ 1,620.00
1544	7	Rajados	S/ 210.00
1554	106	Medidas incorrectas	S/ 3,180.00
1557	35	Clavos sobresalidos	S/ 1,050.00
1562	90	Medidas incorrectas	S/ 2,700.00
1571	55	Rajados	S/ 1,650.00
1583	105	Clavos sobresalidos	S/ 3,150.00
1584	110	Rajados	S/ 3,300.00
1592	111	Medidas incorrectas	S/ 3,330.00
1603	103	Clavos sobresalidos	S/ 3,090.00
1605	6	Rajados	S/ 180.00
1606	10	Rajados	S/ 300.00

1614	55	Clavos sobresalidos	S/	1,650.00
1619	96	Medidas incorrectas	S/	2,880.00
1625	9	Rajados	S/	270.00
1626	88	Medidas incorrectas	S/	2,640.00
1632	29	Medidas incorrectas	S/	870.00
1636	88	Clavos sobresalidos	S/	2,640.00
1643	10	Rajados	S/	300.00
1644	122	Medidas incorrectas	S/	3,660.00
Total			S/	85,620.00

Se pudo conocer que las principales causas de las parihuelas devueltas eran por errores de fabricación como rajaduras, medidas incorrectas y clavos sobresalidos, en la cual representa para la empresa una pérdida económica anual de S/ 85,620.00

Tabla 7

Resumen de pérdidas por causas

Causas por devoluciones	N° Parihuelas	Pérdida
Rajados	367	S/ 11,010.00
Medidas incorrectas	1707	S/ 51,210.00
Clavos sobresalidos	780	S/ 23,400.00
Total		S/ 85,620.00

CR9: Máquinas paradas por WIP (Material en proceso)

Para determinar el costo de esta causa raíz, se hicieron observaciones para determinar cuánto tiempo están inoperativas las máquinas hasta que reciben materia prima para poder trabajar. Se determinó que el tiempo de ciclo de cada estación era muy variable, y es por eso que la línea de producción no podía trabajar fluidamente. Para analizar las pérdidas económicas se hizo una observación para poder determinar el tiempo de espera promedio por cada máquina por jornada laboral, y luego calcular cuánto costo genera este tiempo de espera al año.

Tabla 8

Tiempo de espera por WIP en el área de descortezado

Descortezado	
N° Paradas	Tiempo de espera por falta de material (min)

1	15.2
2	14.62
3	9.74
4	10.5
5	13.62
6	8.27
7	13.39
Promedio	12.19
Total	85.34
Minutos perdidos por jornada laboral	341.36
Horas pérdidas por jornada laboral	5.69
Horas pérdidas al mes	136.54
Horas pérdidas al año	1638.53

Tabla 9
Tiempo de espera por WIP en el área de corte

Corte	
N° Paradas	Tiempo de espera por falta de material (min)
1	11.42
2	11.84
3	8.32
4	8.63
Promedio	10.05
Total	40.21
Minutos perdidos por jornada laboral	160.84
Horas pérdidas por jornada laboral	2.68
Horas pérdidas al mes	64.34
Horas pérdidas al año	772.03

Tabla 10
Tiempo de espera por WIP en el área de tableado

Tableado	
N° Paradas	Tiempo de espera por falta de material (min)
1	6.82
2	9.86

3	8.26
4	8.61
5	8.38
Promedio	8.39
Total	41.93
Minutos perdidos por jornada laboral	167.72
Horas pérdidas por jornada laboral	2.80
Horas pérdidas al mes	67.09
Horas pérdidas al año	805.06

Tabla 11
Tiempo de espera por WIP en el área de armado

Armado	
N° Paradas	Tiempo de espera por falta de material (min)
1	4.16
2	7.81
3	6.27
4	3.33
5	4.02
Promedio	5.12
Total	25.59
Minutos perdidos por jornada laboral	102.36
Horas perdidas por jornada laboral	1.71
Horas perdidas al mes	40.94
Horas perdidas al año	491.33

Tabla 12
Tiempo de espera por WIP en el área de horneado

Horneado	
N° Paradas	Tiempo de espera por falta de material (min)
1	18.97
2	13.67
3	14.87
Promedio	15.84
Total	47.51
Minutos perdidos por jornada laboral	190.04
Horas perdidas por jornada laboral	3.17

Horas perdidas al mes	76.02
Horas perdidas al año	912.19

Tabla 13

Resumen de pérdidas por WIP en cada estación de trabajo

Detalle	Descortezado	Corte	Tableado	Armado	Horneado
Horas perdidas por estación al año	1638.53	772.03	805.06	491.33	912.19
N° trabajadores por estación	2	1	2	2	2
Total, horas perdidas	3277.06	772.03	1610.11	982.66	1824.38
Total, horas perdidas	8466.24				
Costo de mano de obra	950				
Costo por hora de mano de obra	S/	4.95			
Costo total horas perdidas	S/	41,890.25			

Para el cálculo de la pérdida total se multiplico el tiempo de espera por cada estación, por el número de trabajadores que trabajan en ella, luego se realizó una sumatoria del tiempo total perdido de todas las estaciones y finalmente se multiplico este tiempo por el costo de mano de obra por hora, obteniendo una pérdida de S/. 41890.25

CR1: Falta de planificación de la producción

Para determinar las pérdidas de esta causa se consideraron el total de parihuelas devueltas por ser entregadas fuera de tiempo.

Tabla 14

Producto devuelto por entrega fuera de tiempo

N° ocurrencias	N° parihuelas devueltas	Pérdida
1	150	S/ 4,500.00
2	60	S/ 1,800.00
3	90	S/ 2,700.00
4	210	S/ 6,300.00
5	180	S/ 5,400.00
6	210	S/ 6,300.00
7	210	S/ 6,300.00
8	90	S/ 2,700.00

9	120	S/	3,600.00
10	90	S/	2,700.00
11	210	S/	6,300.00
12	210	S/	6,300.00
13	210	S/	6,300.00
14	60	S/	1,800.00
15	210	S/	6,300.00
16	180	S/	5,400.00
17	210	S/	6,300.00
18	120	S/	3,600.00
19	90	S/	2,700.00
20	120	S/	3,600.00
21	150	S/	4,500.00
22	60	S/	1,800.00
Total		S/	97,200.00

El costo total anual por devoluciones de parihuelas entregadas fuera de tiempo fue de S/. 97,200.00

CR3: Inadecuada distribución de planta

Para el cálculo de las pérdidas de esta causa raíz se tomaron los tiempos que los trabajadores necesitaban para trasladarse entre las diferentes estaciones de la línea de producción. Estos tiempos eran muy altos debido a que el área de trabajo estaba muy desordenada, la distribución de planta no era la adecuada, el material en proceso estaba acumulado en el suelo dificultando el tránsito de los trabajadores.

Tabla 15
Tiempo de traslado entre áreas

N° Traslados entre áreas	Tiempo de traslado entre áreas (min)
1	2.41
2	2.34
3	4.94
4	4.09
5	2.66
6	4.22
7	3.71

8	4.83
9	3.96
10	4.52
11	2.53
12	1.85
13	4.48
14	2.62
15	1.36
16	2.5
Promedio	3.31
Total	53.02
Minutos perdidos por jornada laboral	212.08
Horas perdidos por jornada laboral	3.53
Horas perdidos al mes	84.83
Horas perdidas al año	1017.98

Tabla 16

Resultados de la CR3

Resultados de la CR3	
Total horas perdidas	1017.98
Costo de mano de obra	950
Costo por hora de mano de obra	S/ 4.95
Costo total horas perdidas	S/ 5,036.90

Se determinó que el tiempo total de horas perdidas al año por traslado entre áreas fue de 1017.98 horas, las cuales, multiplicadas por el costo de hora-hombre, nos da una pérdida total de S/. 5036.9

CR2: Falta de control de mermas

El total de materia prima aprovechada hace referencia al peso total del producto terminado producido durante el día, y la materia prima entrante hace referencia al peso total de materia prima antes de pasar a la línea de producción. Durante las observaciones de determino que la cantidad de materia prima desperdiciada durante el proceso productivo es muy alta, lo cual es debido mayormente a la falta de supervisión de los trabajadores, además no tienen un método de trabajo estandarizado, por lo que las variaciones en el aprovechamiento de la

materia prima son muy altas. Este indicador se evaluó en la primera y última estación, para de esta manera poder determinar cuánto es la cantidad de kg de materia prima que ingresa y cuando es la cantidad de kg de producto terminado que sale de la línea de producción, de esta manera se podrá determinar el porcentaje de aprovechamiento.

Tabla 17
Porcentaje de aprovechamiento de materia prima

Día	Toneladas procesadas	Toneladas en producto terminado	% de aprovechamiento
1	464.06	230.15	49.59%
2	475.38	302.75	63.69%
3	460.68	252.32	54.77%
4	460.08	231.05	50.22%
5	511.52	344.58	67.36%
6	498.05	245.44	49.28%
7	467.54	245.32	52.47%
8	542.64	330.06	60.82%
9	483.05	237.21	49.11%
10	523.87	285.91	54.58%
11	544.98	291.6	53.51%
12	545.71	293.73	53.83%
13	439.37	247.68	56.37%
14	494.24	314.43	63.62%
15	510.21	304.4	59.66%
16	515.37	310.32	60.21%
17	459.55	242.99	52.88%
18	435.53	285.15	65.47%
19	468.09	255.67	54.62%
20	426.92	237.52	55.64%
21	522.33	342.17	65.51%
22	493.54	313.56	63.53%
23	537.17	310.72	57.84%
24	512.62	346.34	67.56%
Promedio	491.35	283.38	57.59%

Tabla 18
Detalles de los resultados de ña CR2

Detalle de la CR2	
Peso Promedio De Parihuela Kg	20 KG
Peso Promedio De Parihuela Ton	0.02
% De Aprovechamiento	57.59%
% De Aprovechamiento Aceptable	70%

Variación De Aprovechamiento	12.41%
Ton Madera Perdida (Mensual)	60.98
Ton Madera Perdida (Anual)	731.77
<hr/>	
Parihuelas Dejadas De Producir Mensual	3049.034743
Parihuelas Dejadas De Producir Anuales	36588.41692
Pérdida Total	S/ 1,097,652.51

El porcentaje de aprovechamiento aceptable en las empresas del mismo rubro es de 70%, mientras que el porcentaje de aprovechamiento de la empresa es de 57.59%, por lo tanto, la empresa se encuentra debajo del promedio. El cálculo de este porcentaje de variación podemos determinar que las pérdidas totales al año son de S/.1,097,652.51

Resumen de los resultados de la monetización de la CR

En la siguiente tabla se visualiza el resumen de resultados de la monetización de perdidas, donde se han evidenciado S/ 1,327,399.66 de soles anuales representadas por cada CR en estudio.

Tabla 19
Cuadro resumen de pérdidas

N ^o CR	Causa Raíz	Pérdida (S/.)
CR12	Alto índice de productos rechazados por el cliente.	S/ 85,620.00
CR9	Máquinas paradas por WIP	S/ 41,890.25
CR1	Falta de planificación de la producción.	S/ 97,200.00
CR3	Inadecuada distribución de planta	S/ 5,036.90
CR2	Falta de control de mermas	S/ 1,097,652.51
Total		S/ 1,327,399.66

2.10. Identificación de los indicadores

Tabla 20

Matriz de indicadores

Nº de CR	Causa Raíz	Indicador	Formula	Pérdida Inicial S/,	Valor Actual	Pérdida Final S/.	Valor Esperado	Beneficio S/.	Herramienta
CR12	Alto índice de productos rechazados por el cliente.	Porcentaje de productos rechazados	$\frac{\text{Total te parihuelas rechazadas por fallas/año}}{\text{Total de parihuelas enviadas/año}}$	S/ 85,620.00	32%	S/34,341.96	10%	S/51,278.04	Control estadístico de calidad
CR9	Máquinas paradas por WIP	Porcentaje de tiempo parada de la maquina	$\frac{\text{Total de tiempo de para por WIP/día}}{\text{Total de tiempo disponible/día}}$	S/41,890.25	45%	S/0.00	20%	S/41,890.25	Herramientas de Ingeniería de Métodos (Tiempo Estándar y Balance de Líneas)
CR1	Falta de planificación de la producción.	Pedidos rechazados por entrega fuera de tiempo	$\frac{\text{Total de pedidos rechazados por entrega fuera de tiempo}}{\text{Total de pedidos recibidos}}$	S/97,200.00	22%	S/0.00	0%	S/97,200.00	Pronóstico de ventas
CR3	Falta de orden en el área de trabajo	Porcentaje de tiempo utilizado en transporte entre áreas	$\frac{\text{Total de tiempo de transporte entre áreas}}{\text{Total de tiempo disponible}}$	S/5,036.90	12.5%	S/1,422.42	5%	S/3,614.48	Herramientas de Ingeniería de Métodos (Distribución de planta)
CR2	Falta de control de mermas	Porcentaje de aprovechamiento de materia prima	$\frac{\text{Total de materia prima aprovechada}}{\text{Total de materia prima entrante}}$	S/ 1,097,652	57.59%	S/213,611.87	70%	S/884,040.64	Control estadístico de calidad

2.11. Solución Propuesta

CR9: Herramientas de Ingeniería de Métodos (Tiempo Estándar y Balance de Líneas)

- **Determinación de tiempo estándar**

Estimación o muestreo preliminar de la eficiencia operacional

Se realizó una muestra piloto de 17 observaciones en la planta de producción, en el área de corte (se decidió realizar el estudio de tiempos en el área de corte debido a que se determinó que esta era el cuello de botella)

Tabla 21

Muestra piloto de observaciones

Número de observación	Actividad	Inactividad
1	X	
2	X	
3	X	
4	X	
5	X	
6		X
7	X	
8	X	
9		X
10		X
11	X	
12	X	
13	X	
14	X	
15	X	
16		X
17		X
Total	12	5

Tabla 22

Estado demuestras de observaciones

Estado de muestras	N.º	%
Actividad	12	71%
Inactividad	5	29%
Total Muestras	17	100%

Porcentaje de inactividad: 71%, Porcentaje de actividad: 29%

Determinar la exactitud y nivel de confianza deseados

Se determinó trabajar con un nivel de error del 5% y un nivel de confianza del 90%

Calcular el tamaño de la muestra a levantar

Estimación de p de la muestra piloto (p) = 71%

% Error (L) = 5%

Nivel de confianza (Z) = 90% = 1.65

Cálculo de tamaño de la muestra:

$$N = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{L^2}$$

$$N = \frac{1.65^2 \cdot 0.71 \cdot (1 - 0.71)}{0.05^2}$$

$$N = 221.51 \approx 222$$

Considerando el número de observaciones de la muestra piloto (17) se deberán hacer 205 muestras adicionales

Determinar la frecuencia aleatoria de las observaciones

Tabla 23

Frecuencia con observaciones

Número de observaciones óptimas (adicionales)	205	Observaciones
Número de Analistas disponibles	2	Analista
Número de días para realizar el estudio (k)	5	Días

Número de observación al día por analista requerido nd	41	Observaciones/día
Turnos	1	Turnos/día
Tiempo por turno	8	Horas/turno
Tiempo máximo entre cada observación	0.19	Horas/observación

Tabla 24

Programa aleatorio de observaciones por día

Número de observación	Hora	Número Aleatorio (entre 1 y 11 min)	Horas	Minutos
	08:00am	3	0	3
1	8:03am	4	0	4
2	8:07am	4	0	4
3	8:11am	7	0	7
4	8:18am	8	0	8
5	8:26am	6	0	6
6	8:32am	7	0	7
7	8:39am	6	0	6
8	8:45am	10	0	10
9	8:55am	11	0	11
10	9:06am	9	0	9
11	9:15am	1	0	1
12	9:16am	4	0	4
13	9:20am	8	0	8
14	9:28am	5	0	5
15	9:33am	7	0	7
16	9:40am	5	0	5
17	9:45am	2	0	2
18	9:47am	8	0	8
19	9:55am	7	0	7
20	10:02am	8	0	8
21	10:10am	5	0	5
22	10:15am	8	0	8
23	10:23am	3	0	3
24	10:26am	1	0	1
25	10:27am	7	0	7
26	10:34am	9	0	9
27	10:43am	1	0	1
28	10:44am	10	0	10
29	10:54am	4	0	4
30	10:58am	1	0	1
31	10:59am	11	0	11

32	11:10am	10	0	10
33	11:20am	9	0	9
34	11:29am	11	0	11
35	11:40am	3	0	3
36	11:43am	5	0	5
37	11:48am	7	0	7
38	11:55am	8	0	8
39	1:03pm	11	0	11
40	1:14pm	6	0	6
41	1:20pm	1	0	1

Determinación de la eficiencia operacional

$$\bar{p} = p \left(\frac{n'}{n} \right) + \frac{\sum_{i=1}^k P_i}{k} \left(\frac{n^*}{n} \right)$$

\bar{p} = Eficiencia operacional

p = Muestra piloto

n' = Observaciones muestras piloto

n = Número total de muestras

n^* = Número de muestras adicionales

$$\bar{p} = 0.71 \left(\frac{17}{222} \right) + \left(\frac{0.85 + 0.90 + 0.90 + 0.88 + 0.90}{5} \right) \left(\frac{205}{222} \right)$$

$$\bar{p} = 0.8725 = 87.25\%$$

La eficiencia operacional es de 87.25%

Preparar las gráficas de control

➤ *Limite Superior de Control:*

$$LSC = \bar{p} + \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

$$LSC = 0.8725 + \sqrt{\frac{0.71(1-0.71)}{222}} = 0.9029$$

$$LSC = 90.29\%$$

➤ *Limite Inferior de Control:*

$$LIC = \bar{p} - \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

$$LIC = 0.8725 - \sqrt{\frac{0.71(1-0.71)}{222}} = 0.8420$$

$$LIC = 84.20\%$$

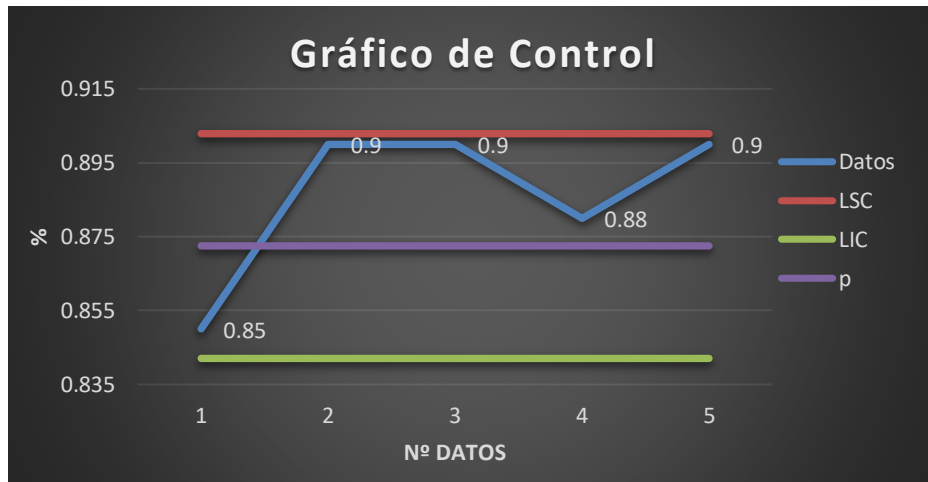


Figura 9. Gráfica de control para observaciones tomadas

Se puede apreciar que todos los datos están dentro de los Límites de control, por lo tanto, todos los datos tomados son válidos.

Cálculo del tiempo estándar

Consideraciones:

- La producción semanal de Aserradero Tung Ying S.R.L. en el área de corte es de 13390 tablas
- Se trabajan 6 días a la semana en 1 turno de 8 horas
- Según datos históricos de la empresa en el área de corte se registró 21 tablas defectuosas durante la última semana, antes de empezar el estudio.
- Se consideraron suplementos de 16%:
 - Suplementos constantes: 9%
 - Trabajos precisos o fatigosos: 2%
 - Ruido Estridente y Fuerte: 5%

Se realizó una valoración del trabajo según la tabla de Westing House:

Tabla 25

Factor de valoración

Factor De Valoración			
Habilidad	Excelente	B1	0.08
Esfuerzo	Bueno	C2	0.08
Condiciones	Deficientes	E	-0.07
Consistencia	Bueno	C	0.01
Total			0.1

$$Fv = 1 + 0.1 = 1.1$$

$$te = \left(\frac{e_o \times e_c \times t_b}{P_{tb}} \right) \times Fv \times (1 - S)$$

e_o = eficiencia operacional

$$e_o = 87.25\%$$

e_c = eficiencia de calidad

$$e_c = \left(\frac{13369}{13390} \right) = 0.99$$

$$te = \left(\frac{0.8725 \times 0.99 \times 2880}{13390} \right) \times 1.1 \times (1 - 0.16)$$

$$te = 0.17 \text{ min/tabla}$$

El tiempo estándar es de 0.17 minutos por cada tabla o 10.2 segundos por cada tabla, 2.55 minutos por pallet debido a que en cada parihuela se utilizan 15 tablas.

- Balance de Líneas**

Distribución Actual

Producción 1 Pallet

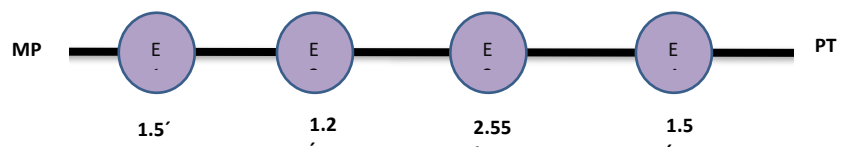


Figura 10. Balance de línea actual

Estación	Tiempo de Ejecución	
1	1.5	1=Descortezado
2	1.2	2=Corte
3	2.55	3=Tableado
4	1.5	4=Armado
Total	6.75	

Podemos apreciar que el cuello de botella es de 1.5' está en la estación 3, con un ciclo de $c = 2.55$ min

Producción Actual de la Red

$$P = \frac{tb \times eo \times em \times ec}{c}$$

$$P = \frac{480 \times 0.8725 \times 0.95 \times 0.999}{2.55} = 155 \frac{unid}{dia}$$

Determinación de Tiempos Muertos

$$\partial = 4 \times 2.04 - 6.24 = 3.45 \text{ min}$$

Eficiencia de la Línea

$$E = \frac{\sum T_i}{n \times c}$$

$$E = \frac{6.75}{4 \times 2.55} = 0.6617 = 66.17\%$$

Se propone alcanzar una producción de 450 unidades diarias

Cálculo del nuevo cuello de botella:

$$C = \frac{480 \times 0.8725 \times 0.95 \times 0.9999}{450}$$

$$C = 0.88$$

Cálculo de número de máquinas por estación de trabajo:

$$t_i = \text{Tiempo por estación}$$

$$C = \text{Ciclo}$$

Propuesta de mejora en la línea de producción de parihuela para reducir los costos operativos de una empresa de aserradero de Trujillo

$$n_i = \frac{t_i}{C}$$

$$E_1 = \frac{1.5}{0.88} = 1.70 = 2 \text{ Maquinas}$$

$$E_2 = \frac{1.2}{0.88} = 1.36 = 2 \text{ Maquinas}$$

$$E_3 = \frac{2.55}{0.88} = 2.89 = 3 \text{ Maquinas}$$

$$E_4 = \frac{1.5}{0.88} = 1.70 = 2 \text{ Maquinas}$$

Cálculo de nuevo tiempo por estación de trabajo:

$$t'_i = \frac{t_i}{n_i}$$

t_i = Tiempo por estación
n = número de máquina

Estación 1:

$$t'_i = \frac{1.5}{2} = 0.75 \text{ min}$$

Estación 2:

$$t'_i = \frac{1.2}{2} = 0.6 \text{ min}$$

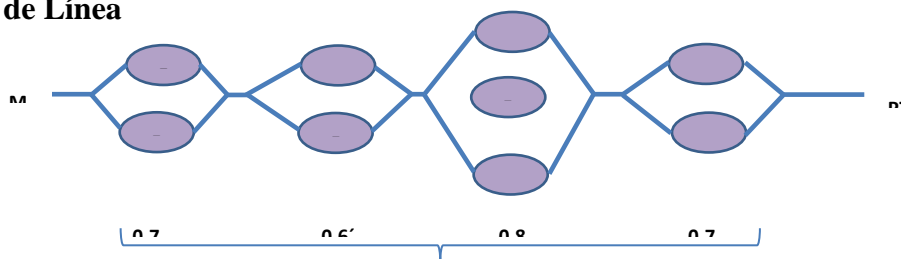
Estación 3:

$$t'_i = \frac{2.55}{3} = 0.85 \text{ min}$$

Estación 4:

$$t'_i = \frac{1.5}{2} = 0.75 \text{ min}$$

Balance de Línea



Nuevos tiempos por estaciones de trabajo

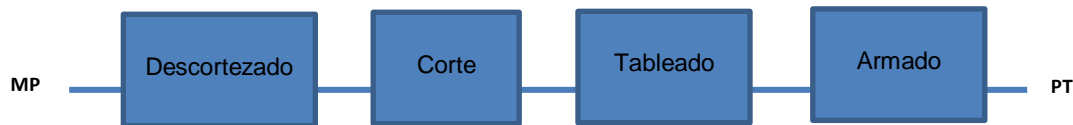
Nuevo cuello de botella = 0.85 min

Nueva Producción

$$P = \frac{480 \times 0.8725 \times 0.95 \times 0.999}{0.85} = 467 \frac{\text{unid}}{\text{dia}}$$

CR3: Distribución de planta

La categoría de proceso de la empresa es Procesamiento repetitivo o de flujo, debido a que se fabrica altos volúmenes de producción de un solo producto, por lo que se requiere poca mano de obra (5 operarios), y no son calificados. Hay un flujo de trabajo altamente definido y fijo.



A través del método de Distribución Física se desarrollará una alternativa de distribuciones de planta con el fin de ordenar y mejorar la actual. El área en la que se requiere diseñar una mejor distribución consta de 2500 m² (50 m de ancho por 50 m de largo).

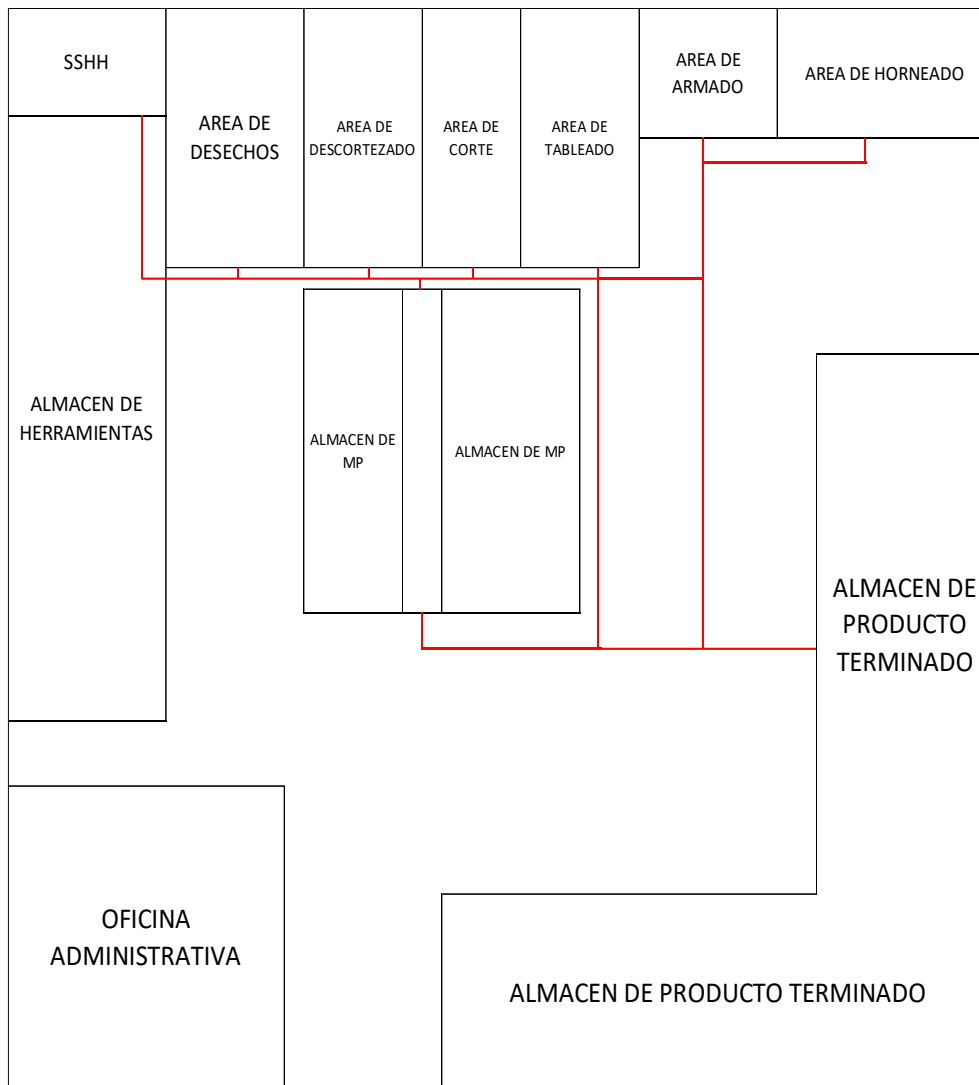


Figura 11. Distribución Actual

La carga se basó en la frecuencia aproximada de veces que las personas se trasladan entre áreas, como se muestra a continuación

Tabla 26
Frecuencia de traslado entre áreas

	Almacén de MP	SSHH	Descortezado	Corte	Tableado	Armado	Horneado	Almacén de PT	Área de Desechos
Almacén de MP	x	10	256	0	0	0	0	0	0

SSHH	x	120	100	120	120	10	10	10
Descortezado		x	652	10	10	10	10	160
Corte			x	652	10	10	10	85
Tableado				x	326	10	10	325
Armado					x	280	10	10
Horneado						x	283	10
Almacén de PT							x	10
Área de Desechos								x

Tabla 27
Cuadro de Distancias

	Almacén de MP	SSHH	Descortezado	Corte	Tableado	Armado	Horneado	Almacén de PT	Área de Desechos
Almacén de MP	x	21	4	4	9	23	31	21	10
SSHH		x	18	24	30	42	50	58	12
Descortezado			x	7	13	25	33	41	7
Corte				x	7	18	27	35	13
Tableado					x	12	22	29	19
Armado						x	11	30	30
Horneado							x	40	40
Almacén de PT								x	47
Área de Desechos									x

Tabla 28
Puntuación Total de Distribución Actual

	Almacén de MP	SSHH	Descortezado	Corte	Tableado	Armado	Horneado	Almacén de PT	Área de Desechos	Total
Almacén de MP	x	210	1024	0	0	0	0	0	0	1234
SSHH		x	2160	2400	3600	5040	500	580	120	14400
Descortezado			x	4564	130	250	330	410	1120	6804
Corte				x	4564	180	270	350	85	5449
Tableado					x	3912	220	290	6175	10597
Armado						x	3080	300	300	3680
Horneado							x	11320	400	11720
Almacén de PT								x	470	470
Área de Desechos									x	54354

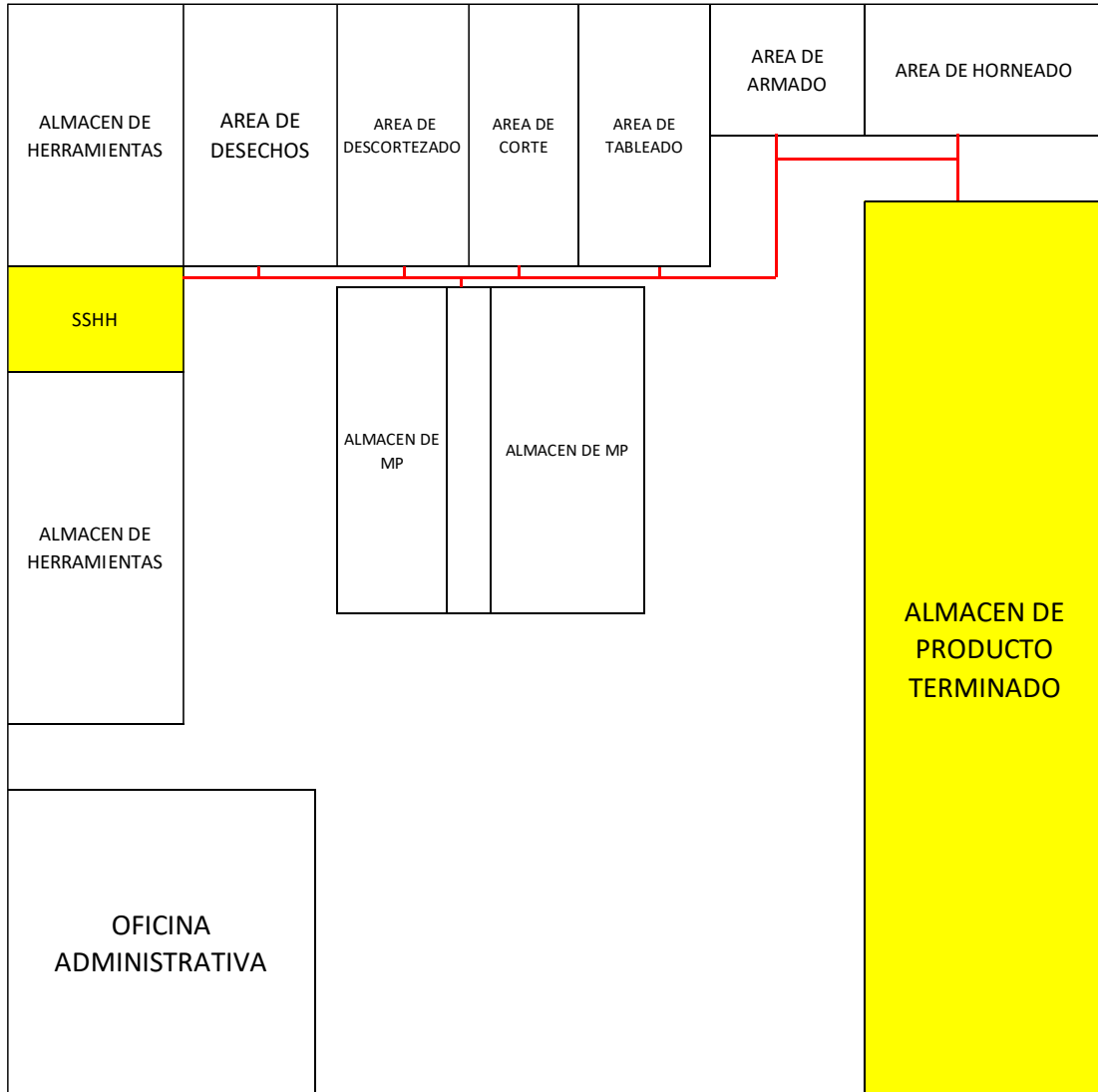


Figura 12. Propuesta de mejora de distribución de planta

Se debería colocar los baños en un área más cercana a las áreas de trabajo para que los trabajadores tomen menos tiempo en llegar, además también se debería aprovechar el espacio que hay entre el área de horneado y el almacén de producto terminado, además colocar la entrada del almacén al frente de la máquina de horneado, pero aun manteniendo cierta de distancia por cuestiones de seguridad.

Tabla 29

Nuevo Cuadro de Distancias

	Almacén de MP	SSHH	Descortezado	Corte	Tableado	Armado	Horneado	Almacén de PT	Área de Desechos
Almacén de MP	x	13	4	4	9	23	31	28	10
SSHH		x	10	16	22	32	42	40	4
Descortezado			x	7	13	25	33	32	7
Corte				x	7	18	27	26	13
Tableado					x	12	22	20	19
Armado						x	11	12	30
Horneado							x	3	40
Almacén de PT								x	38
Área de Desechos									x

Tabla 30

Puntuación Total de la Propuesta de Distribución

	Almacén de MP	SSHH	Descortezado	Corte	Tableado	Armado	Horneado	Almacén de PT	Área de Desechos	Total
Almacén de MP	x	130	1024	0	0	0	0	0	0	1154
SSHH		x	1200	1600	2640	3840	420	400	40	10140
Descortezado			x	4564	130	250	330	320	1120	6714
Corte				x	4564	180	270	260	85	5359
Tableado					x	3912	220	200	6175	10507
Armado						x	3080	120	300	3500
Horneado							x	849	400	1249
Almacén de PT								x	380	380
Área de Desechos									x	39003

La propuesta de mejora posee la menor puntuación de movimiento (carga-distancia) que la distribución actual. Por lo tanto, se recomienda distribuir la planta según la propuesta presentada.

En la siguiente tabla 31 las celdas verdes muestran una reducción en el recorrido, mientras que las celdas rojas muestran un aumento en el recorrido.

Tabla 31

Diferencia entre recorrido

	Almacén de MP	SSHH	Descortezado	Corte	Tableado	Armado	Horneado	Almacén de PT	Área de Desechos
Almacén de MP	x	-8	0	0	0	0	0	7	0
SSHH		x	-8	-8	-8	-10	-8	-18	-8
Descortezado			x	0	0	0	0	-9	0
Corte				x	0	0	0	-9	0
Tableado					x	0	0	-9	0
Armado						x	0	-18	0
Horneado							x	-37	0
Almacén de PT								x	-9
Área de Desechos									x

CR12 y CR3: Control Estadístico de procesos

- Determinación de las características de control**

Haciendo uso de la herramienta de Pareto se procederá a tomar las dos características de control más importantes, obteniendo como resultado que el Bajo porcentaje de aprovechamiento de MP representa el 81% (S/655,433.76), teniendo también que las Medidas incorrectas representan el 15% (S/121,423.00), obteniendo entre ambas causas un acumulado de 96%.

Tabla 32

Porcentaje de participación de las causas raíces

Causas	Pérdidas Totales	%
Medidas incorrectas	S/ 121,423.00	0.15
Madera con alto nivel de humedad	S/ 1,830.00	0.00
Madera podrida	S/ 852.00	0.00
Clavos sobresalidos	S/ 23,400.00	0.03
Bajo porcentaje de aprovechamiento de MP	S/ 655,433.76	0.81
Rajados	S/ 11,010.00	0.01
Total	S/ 813,948.76	

Tabla 33

Clasificación de las causas raíces según su nivel de participación en las pérdidas totales

Causas	Pérdidas Totales	%	% Acumulado	Clasificación
Bajo porcentaje de aprovechamiento de MP	S/655,433.76	0.805	0.805	A
Medidas incorrectas	S/121,423.00	0.149	0.954	B
Clavos sobresalidos	S/ 23,400.00	0.029	0.983	B
Rajados	S/11,010.00	0.014	0.997	C
Madera con alto nivel de humedad	S/1,830.00	0.002	0.999	C
Madera podrida	S/852.00	0.001	1.000	C
Total	S/ 813,948.76			

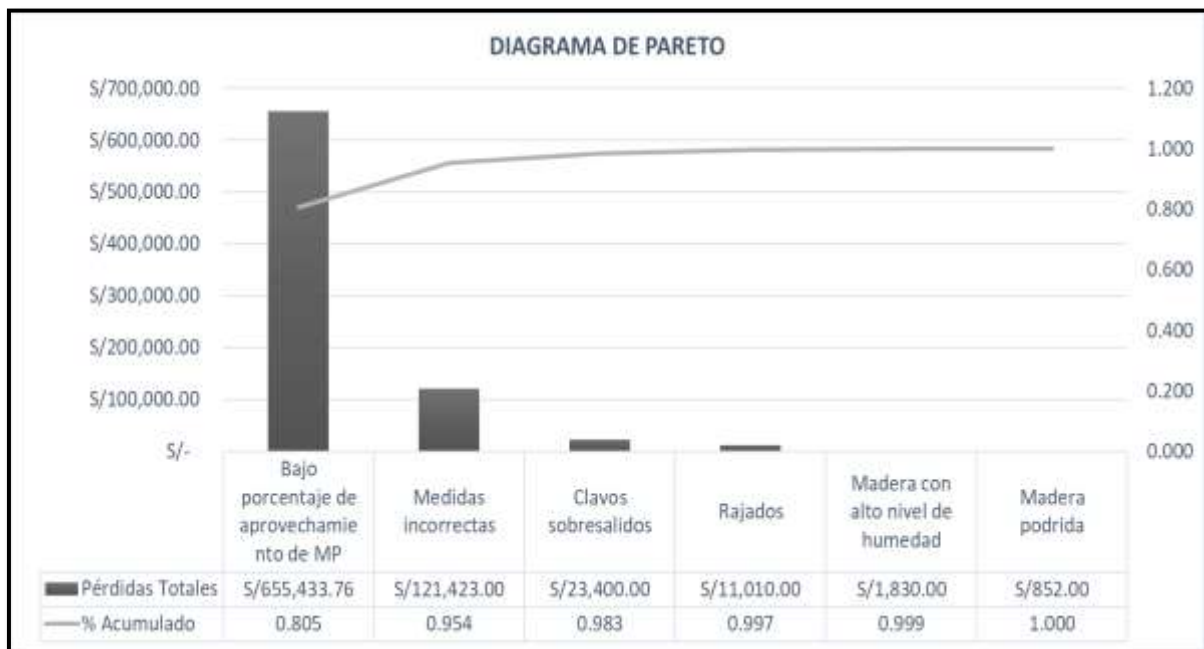


Figura 13. Diagrama de Pareto

Relación entre las características de control y los factores del proceso

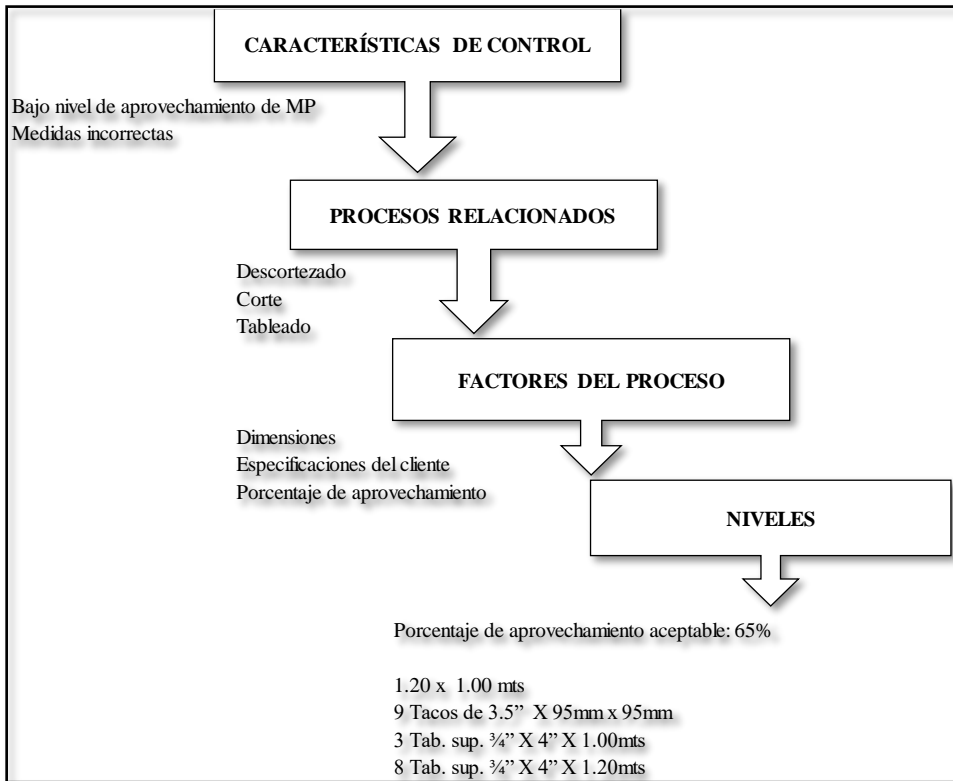


Figura 14. Determinación de las características de control y factores del proceso

Determinación de los niveles óptimos de factores del proceso

Se procedió a determinar los niveles óptimos a conseguir en cada característica de control.

Tabla 34

Determinación de los niveles óptimos de factores del proceso

Niveles Óptimos	
Bajo nivel de aprovechamiento de MP	Porcentaje de aprovechamiento: 65%
Medidas incorrectas	1.20 x 1.00 mts 9 Tacos de 3.5" X 95mm x 95mm 3 Tab. sup. 3/4" X 4" X 1.00mts 8 Tab. sup. 3/4" X 4" X 1.20mts 3 Tab. sup. 3/4" X 4" X 1.20mts

Determinación de los puntos de control de las características de control

Se procedió a determinar los puntos de control a considerar en cada característica de control, además de realizar una justificación del porqué de la elección de estas.

Tabla 35

Determinación de los puntos de control de las características de control

Características de control	Punto de control	Justificación
Bajo nivel de aprovechamiento de MP	Descortezado	En estas etapas del proceso es donde se produce el mayor nivel de desperdicio de MP
	Corte	
Medidas incorrectas	Tableado	En el área de corte es donde se da la medida a las tablas con las que se armará las parihuelas.
	Corte	

Selección e interpretación de los gráficos de control

Se realizó la selección de los gráficos de control a considerar en cada característica de control.

- Bajo nivel de aprovechamiento de MP / np (o p)
- Medidas incorrectas / np (o p)

Cálculo del tamaño de la muestra

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

n =	El tamaño de la muestra	
N =	Tamaño de la población	
o =	Desviación estándar	0.5
Z =	Valor obtenido mediante niveles de confianza	(95% - 99%)
e =	Límite aceptable de error	(1% - 9%)

Confianza	95	96	97	98	99
Área a la izquierda de -Z	0.025	0.02	0.015	0.01	0.005
- Z	-1.96	-2.05	-2.17	-2.33	-2.58
Z	1.96	2.05	2.17	2.33	2.58

n =	x	Producción mensual promedio = 5700 parihuelas
N =	4940	
o =	0.50	n = 878 parihuelas
Z =	1.96	muestro por día = 34 parihuelas
e =	3%	

Recogida de observaciones

Tabla 36

Recogida de observaciones de la Característica de Control: Medidas Incorrectas

Muestra	Parihuelas Inspeccionadas	Cantidad de parihuelas defectuosas (gr)	Proporción (gr)
1	34	4	0.12
2	34	10	0.29
3	34	1	0.03
4	34	0	0.00
5	34	6	0.18
6	34	2	0.06
7	34	6	0.18
8	34	1	0.03
9	34	1	0.03
10	34	5	0.15
11	34	12	0.35
12	34	4	0.12
13	34	2	0.06
14	34	1	0.03
15	34	4	0.12
16	34	11	0.32
17	34	4	0.12
18	34	1	0.03
19	34	5	0.15
20	34	0	0.00
21	34	3	0.09

22	34	10	0.29
23	34	1	0.03
24	34	4	0.12
25	34	3	0.09
26	34	0	0.00
27	34	3	0.09
28	34	12	0.35
29	34	3	0.09
30	34	1	0.03
Promedio			0.118

Tabla 37

Recogida de observaciones de la Característica de Control: Bajo nivel de aprovechamiento de la MP

Muestra	Cantidad de materia prima utilizada(kg)	Cantidad de materia prima perdida (gr)	Proporción materia prima perdida (gr)
1	7000	2784.56	0.40
2	7000	2890.56	0.41
3	7000	2915.24	0.42
4	7000	3556.23	0.51
5	7000	2998.56	0.43
6	7000	2827.44	0.40
7	7000	2875.56	0.41
8	7000	3079.56	0.44
9	7000	3184.99	0.45
10	7000	2939.15	0.42
11	7000	2924.6	0.42
12	7000	2584.56	0.37
13	7000	2910.4	0.42
14	7000	2881.05	0.41
15	7000	3403.5	0.49
16	7000	3113.18	0.44
17	7000	2894.56	0.41
18	7000	2933.45	0.42
19	7000	2876.7	0.41
20	7000	3074.54	0.44
21	7000	3365.52	0.48
22	7000	2936.85	0.42
23	7000	3452.44	0.49

24	7000	2871.09	0.41
25	7000	2706.8	0.39
26	7000	2845.44	0.41
27	7000	2981.39	0.43
28	7000	3199.34	0.46
29	7000	2836.5	0.41
30	7000	2964.12	0.42
Promedio			0.428

Determinación del estado de control del proceso

Medidas incorrectas

Tamaño de la muestra	34 parihuelas
----------------------	---------------

n:	34
p:	0.118
z:	3

LCS	10
LCI	0
μ	4

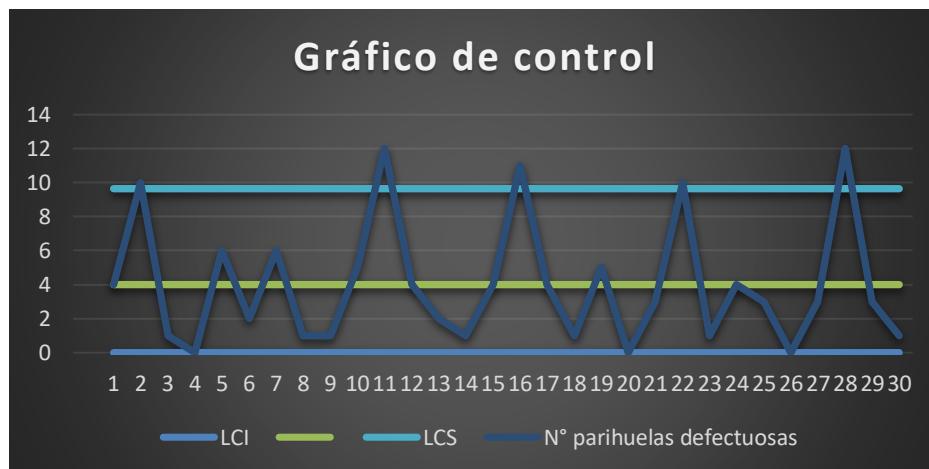


Figura 15. Gráfico de control (Medidas incorrectas)

El gráfico de control nos muestra que 5 de las muestras tomadas están fuera de los límites de control, por lo cual se debe analizar las causas y aplicar las medidas correctivas adecuadas

Bajo nivel de aprovechamiento de la MP

Tamaño de la muestra	34 parihuelas
----------------------	---------------

n:	7000
p:	0.430
z:	3

LCS	3134.26
LCI	0.00
μ	2450.00

Muestra	LCI	μ	LCS	Cantidad de materia prima perdida (gr)
1	0	2450	3134	2784.56
2	0	2450	3134	2890.56
3	0	2450	3134	2915.24
4	0	2450	3134	3556.23
5	0	2450	3134	2998.56
6	0	2450	3134	2827.44
7	0	2450	3134	2875.56
8	0	2450	3134	3079.56
9	0	2450	3134	3184.99
10	0	2450	3134	2939.15
11	0	2450	3134	2924.6
12	0	2450	3134	2584.56
13	0	2450	3134	2910.4
14	0	2450	3134	2881.05
15	0	2450	3134	3403.5
16	0	2450	3134	3113.18
17	0	2450	3134	2894.56
18	0	2450	3134	2933.45
19	0	2450	3134	2876.7
20	0	2450	3134	3074.54
21	0	2450	3134	3365.52
22	0	2450	3134	2936.85
23	0	2450	3134	3452.44
24	0	2450	3134	2871.09
25	0	2450	3134	2706.8
26	0	2450	3134	2845.44
27	0	2450	3134	2981.39
28	0	2450	3134	3199.34
29	0	2450	3134	2836.5
30	0	2450	3134	2964.12

Figura 16. Determinación de los límites de control (Bajo nivel de aprovechamiento de MP).

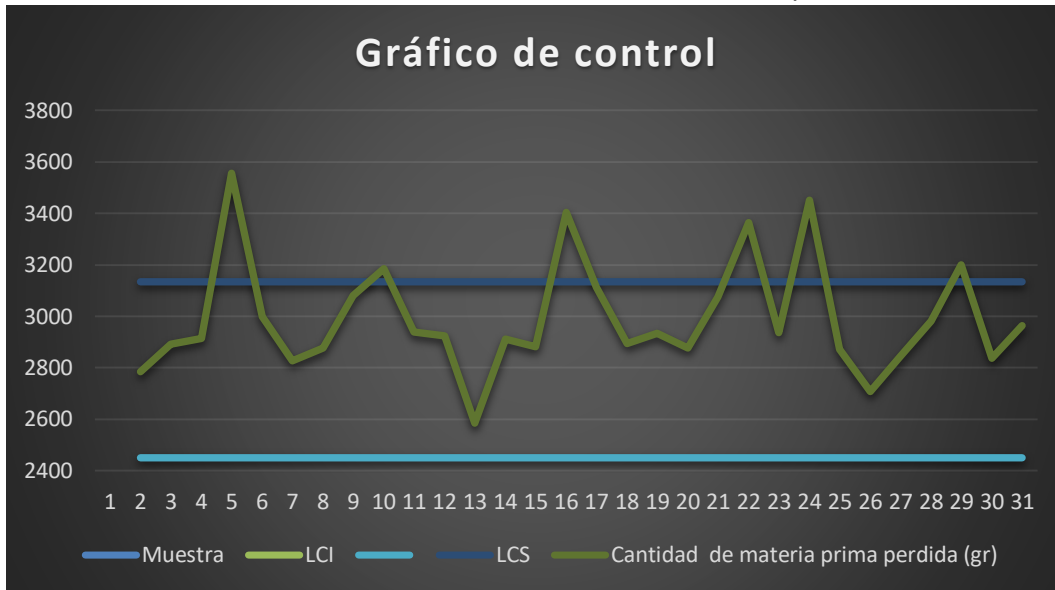


Figura 17. Gráfico de control (Bajo nivel de aprovechamiento de MP)

El gráfico de control nos muestra que 6 de las muestras tomadas están fuera de los límites de control, por lo cual se debe analizar las causas y aplicar las medidas correctivas adecuadas

Análisis de capacidad del proceso

Medidas incorrectas

CAPACIDAD DEL PROCESO

$$C_p = \frac{LCS - LCI}{6\sqrt{np \times [1 - p]}}$$

$C_p = 0.84$

$$C_{pk} = \min \left[\frac{LS - np}{3 * \sqrt{np * [1 - \frac{np}{n}]}}; \frac{np - LI}{3 * \sqrt{np * [1 - \frac{np}{n}]}} \right]$$

$C_{pk} = 0.73$

LA FRACCIÓN DISCONFORME ES 13.0952%

Es una clase de proceso número 3, lo cual significa que el proceso no es adecuado para el trabajo, es necesario hacer modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria

La media del proceso indica que no se están procesando productos fuera de las especificaciones

Bajo nivel de aprovechamiento de MP

CAPACIDAD DEL PROCESO	
$C_p = \frac{LCS - LCI}{6\sqrt{np \times [1 - p]}}$	
$C_p = 0.79$	
$C_{pk} = \min \left[\frac{LS - np}{3 * \sqrt{np * \left[1 - \frac{np}{n}\right]}}, \frac{np - LI}{3 * \sqrt{np * \left[1 - \frac{np}{n}\right]}} \right]$	
$C_{pk} = 0.73$	
<p style="text-align: center;">LA FRACCIÓN DISCONFORME ES 7.5949%</p>	

Es una clase de proceso número 3, lo cual significa que el proceso no es adecuado para el trabajo, es necesario hacer modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.

La media del proceso indica que no se están procesando productos fuera de las especificaciones

Propuesta de solución

- **Medidas incorrectas**

Se determinó que la principal causa de las medidas incorrectas de las parihuelas era la falta de materiales de medición en el área de corte, por lo que se decidió implementar una extensión en las máquinas de corte para que los trabajadores puedan observar perfectamente el tamaño de corte que deben realizar, además se colocó una pizarra donde se tendrán

anotadas las especificaciones de cada cliente de las parihuelas que están solicitando. Se estima que la implementación de esta propuesta puede traer los siguientes resultados.

Tamaño de la muestra: 34 parihuelas

n: 34

p: 0.038

z: 3

Tabla 38
Nueva toma de datos (Medidas incorrectas)

Muestra	Parihuelas Inspeccionadas	Cantidad de parihuelas defectuosas (gr)	Proporción (gr)
1	34	2	0.06
2	34	2	0.06
3	34	2	0.06
4	34	2	0.06
5	34	1	0.03
6	34	1	0.03
7	34	0	0.00
8	34	2	0.06
9	34	1	0.03
10	34	3	0.09
11	34	0	0.00
12	34	2	0.06
13	34	1	0.03
14	34	1	0.03
15	34	1	0.03
16	34	2	0.06
17	34	3	0.09
18	34	1	0.03
19	34	2	0.06
20	34	2	0.06
21	34	1	0.03
22	34	2	0.06
23	34	0	0.00
24	34	0	0.00
25	34	0	0.00
26	34	1	0.03

27	34	0	0.00
28	34	1	0.03
29	34	2	0.06
30	34	1	0.03
Promedio			0.038

LCS : 5

LCI : 0

μ : 1

Tabla 39

Determinación de nuevos límites de control (Medidas incorrectas)

Muestra	LCI	μ	LCS	N° parihuelas defectuosas
1	0	1	5	2
2	0	1	5	2
3	0	1	5	2
4	0	1	5	2
5	0	1	5	1
6	0	1	5	1
7	0	1	5	0
8	0	1	5	2
9	0	1	5	1
10	0	1	5	3
11	0	1	5	0
12	0	1	5	2
13	0	1	5	1
14	0	1	5	1
15	0	1	5	1
16	0	1	5	2
17	0	1	5	3
18	0	1	5	1
19	0	1	5	2
20	0	1	5	2
21	0	1	5	1
22	0	1	5	2
23	0	1	5	0
24	0	1	5	0

25	0	1	5	0
26	0	1	5	1
27	0	1	5	0
28	0	1	5	1
29	0	1	5	2
30	0	1	5	1

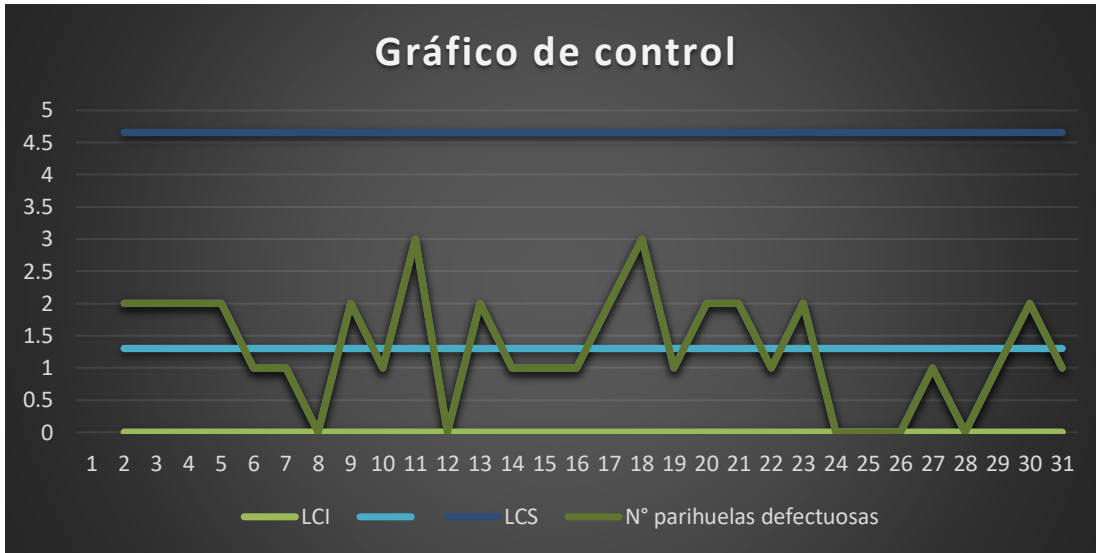


Figura 18. Nuevo gráfico de control (Medidas incorrectas)

El gráfico de control nos muestra que todas las muestras tomadas están dentro de los límites de control.

Capacidad del Proceso

$$C_p = \frac{LCS - LCI}{6\sqrt{np \times [1 - p]}}$$

$C_p = 1.08$

$$C_{pk} = \text{MIN} \left[\frac{LS - np}{3 \cdot \sqrt{np \cdot \left[1 - \frac{np}{n}\right]}}, \frac{np - LI}{3 \cdot \sqrt{np \cdot \left[1 - \frac{np}{n}\right]}} \right]$$

$C_{pk} = 1.04$

La Fracción Disconforme es : 3.70%

Es una clase de proceso número 2, lo cual significa que el proceso es adecuado para el trabajo, pero requiere un control estricto conforme el cp se acerca a uno.

La media del proceso indica que se están procesando productos dentro de las especificaciones.

%Productos Disconformes (Antes)	13.10%
% Productos Disconformes (Después)	3.7%
Aumento De Productos Conformes	9.39%

- **Bajo nivel de aprovechamiento de MP**

Se pudo determinar que la principal causa del bajo nivel de aprovechamiento de MP era la calidad de las hojas de las sierras utilizadas en las máquinas de cortar, por lo que se propuso adquirir unas nuevas hojas de sierra que cumplan con altos estándares de calidad, lo cual fue realizado dando el siguiente resultado:

Tabla 40

Nueva toma de datos (Bajo nivel de aprovechamiento de MP)

Muestra	Cantidad de materia prima utilizada(kg)	Cantidad de materia prima perdida (gr)	Proporción materia prima perdida (gr)
1	7000	2593	0.37
2	7000	2545	0.36
3	7000	2705	0.39
4	7000	2568	0.37
5	7000	2559	0.37

6	7000	2666	0.38
7	7000	2580	0.37
8	7000	2566	0.37
9	7000	2595	0.37
10	7000	2532	0.36
11	7000	2549	0.36
12	7000	2654	0.38
13	7000	2599	0.37
14	7000	2681	0.38
15	7000	2625	0.38
16	7000	2637	0.38
17	7000	2559	0.37
18	7000	2516	0.36
19	7000	2715	0.39
20	7000	2572	0.37
21	7000	2511	0.36
22	7000	2579	0.37
23	7000	2710	0.39
24	7000	2574	0.37
25	7000	2647	0.38
26	7000	2594	0.37
27	7000	2615	0.37
28	7000	2620	0.37
29	7000	2672	0.38
30	7000	2556	0.37
Promedio			0.372

Tamaño de la muestra	34 parihuelas
----------------------	---------------

n:	7000
p:	0.372
z:	3

LCS	2724.44
LCI	0.00
μ	2450.00

Tabla 41
Determinación de nuevos puntos de control (Bajo nivel de aprovechamiento de MP)

Muestra	LCI	μ	LCS	Cantidad de materia prima perdida (gr)
---------	-----	-------	-----	--

1	0	2450	2724	2593.00
2	0	2450	2724	2545.00
3	0	2450	2724	2705.00
4	0	2450	2724	2568.00
5	0	2450	2724	2559.00
6	0	2450	2724	2666.00
7	0	2450	2724	2580.00
8	0	2450	2724	2566.00
9	0	2450	2724	2595.00
10	0	2450	2724	2532.00
11	0	2450	2724	2549.00
12	0	2450	2724	2654.00
13	0	2450	2724	2599.00
14	0	2450	2724	2681.00
15	0	2450	2724	2625.00
16	0	2450	2724	2637.00
17	0	2450	2724	2559.00
18	0	2450	2724	2516.00
19	0	2450	2724	2715.00
20	0	2450	2724	2572.00
21	0	2450	2724	2511.00
22	0	2450	2724	2579.00
23	0	2450	2724	2710.00
24	0	2450	2724	2574.00
25	0	2450	2724	2647.00
26	0	2450	2724	2594.00
27	0	2450	2724	2615.00
28	0	2450	2724	2620.00
29	0	2450	2724	2672.00
30	0	2450	2724	2556.00

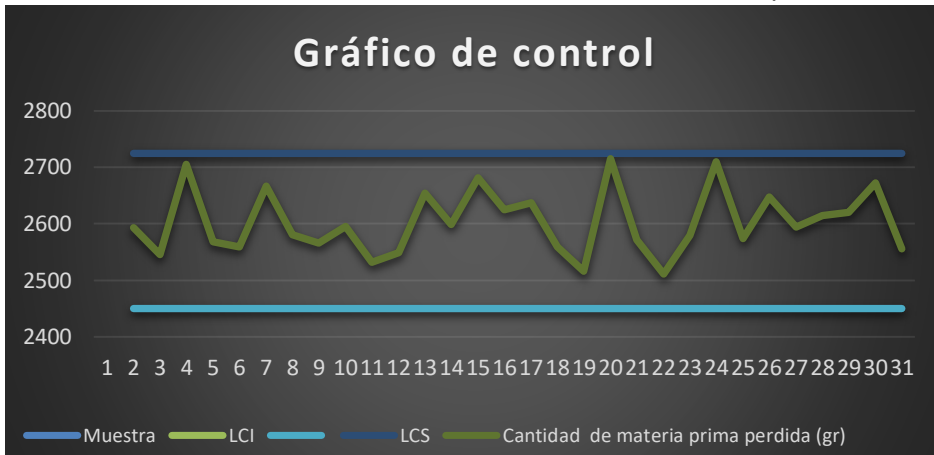


Figura 19. Nuevo gráfico de control (Bajo nivel de aprovechamiento de MP)

El gráfico de control nos muestra que todas las muestras tomadas están dentro de los límites de control.

Capacidad Del Proceso

$$C_p = \frac{LCS - LCI}{6\sqrt{np \times [1 - p]}}$$

$$C_p = 1.01$$

$$C_{p_k} = \min \left[\frac{LS - np}{3 * \sqrt{np * \left[1 - \frac{np}{n}\right]}}, \frac{np - LI}{3 * \sqrt{np * \left[1 - \frac{np}{n}\right]}} \right]$$

$$C_{p_k} = 0.99$$

La Fracción Disconforme es: 2.48%

% De Desperdicio (Antes) 7.59%

% De Desperdicio (Después) 2.5%

Aumento De Aprovechamiento 5.12%

CRI: Pronóstico de Ventas

Pronóstico Estacional

La empresa Aserradero Tung Ying S.R.L., desea realizar un pronóstico de la demanda con el fin de satisfacer cumplir con los requerimientos de los clientes y en las fechas pactadas. Con base a las ventas de los 2 últimos años, se procederá a aplicar el método de descomposición de series de tiempo.

Tabla 42

Ventas de parihuelas durante los años 2016, 2017 y 2018

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1 (2016)	3,813	3,403	3,105	2,760	3,650	3,898	4,144	4,046	3,765	3,899	4,201	4,465
1 (2017)	4,487	3,934	3,684	3,211	4,894	4,374	4,864	4,120	4,455	4,512	4,720	4,841
2(2018)	4,968	4,451	4,234	3,655	3,890	4,630	5,201	5,314	5,411	5,536	5,601	5,706

Encontramos los índices estacionales

Tabla 43

Determinación del Índice Estacional

Promedio	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1. Promedio por estación:	4,423	3,929	3,674	3,209	4,145	4,301	4,736	4,493	4,544	4,649	4,841	5,004
2. Promedio general:	4,329											
3. Índice estacional:	1.02165	0.90768	0.84878	0.741212	0.9574312	0.993467	1.094108	1.0379743	1.0496015	1.0739338	1.1182094	1.155939991

Desestacionalizar la demanda

- **Estadísticas de la regresión**

Coefficiente de correlación múltiple 0.850178494

Coefficiente de determinación R^2 0.722803471

R^2 Ajustado 0.714650632

Error típico 275.1422893

Observaciones 36

Tabla 44
Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	6711599.791	6711599.791	88.65665856	5.3256
Residuos	34	2573911.499	75703.27937		
Total	35	9285511.289			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	3568.975	93.6587811	38.1061465	1.77086	3378.6376	3759.3127	3378.637	3759.312
Variable X 1	41.564017	4.41429989	9.41576648	5.32567	32.593080	50.534953	32.59308	50.53495

La fórmula para el pronóstico

$$Y = 3568.975 + 41.564 X$$

Tabla 45
Desestacionalización de la demanda

Año	Mes	Demanda	Índice estacional	Desestacionalización de la demanda	X	Pronóstico de la Demanda Desestacionalizada
2016	Enero	3,813	1.0216501	3,732	1	3,611
	Febrero	3,403	0.9076886	3,749	2	3,652
	Marzo	3,105	0.8487827	3,658	3	3,694
	Abril	2,760	0.7412123	3,724	4	3,735
	Mayo	3,650	0.9574312	3,812	5	3,777
	Junio	3,898	0.9934677	3,924	6	3,818
	Julio	4,144	1.0941081	3,788	7	3,860

	Agosto	4,046	1.0379744	3,898	8	3,901
	Setiembre	3,765	1.0496015	3,587	9	3,943
	Octubre	3,899	1.0739339	3,631	10	3,985
	Noviembre	4,201	1.1182095	3,757	11	4,026
	Diciembre	4,465	1.15594	3,863	12	4,068
2017	Enero	4,487	1.0216501	4,392	13	4,109
	Febrero	3,934	0.9076886	4,334	14	4,151
	Marzo	3,684	0.8487827	4,340	15	4,192
	Abril	3,211	0.7412123	4,332	16	4,234
	Mayo	4,894	0.9574312	5,112	17	4,276
	Junio	4,374	0.9934677	4,403	18	4,317
	Julio	4,864	1.0941081	4,446	19	4,359
	Agosto	4,455	1.0379744	4,292	20	4,400
	Setiembre	4,455	1.0496015	4,244	21	4,442
	Octubre	4,512	1.0739339	4,201	22	4,483
	Noviembre	4,720	1.1182095	4,221	23	4,525
	Diciembre	4,841	1.15594	4,188	24	4,567
2018	Enero	4,968	1.0216501	4,863	25	4,608
	Febrero	4,451	0.9076886	4,904	26	4,650
	Marzo	4,234	0.8487827	4,988	27	4,691
	Abril	3,655	0.7412123	4,931	28	4,733
	Mayo	3,890	0.9574312	4,063	29	4,774
	Junio	4,630	0.9934677	4,660	30	4,816
	Julio	5,201	1.0941081	4,754	31	4,857
	Agosto	5,314	1.0379744	5,120	32	4,899
	Setiembre	5,411	1.0496015	5,155	33	4,941
	Octubre	5,536	1.0739339	5,155	34	4,982
	Noviembre	5,601	1.1182095	5,009	35	5,024
	Diciembre	5,706	1.15594	4,936	36	5,065
2019	Enero				37	5,107
	Febrero				38	5,148
	Marzo				39	5,190
	Abril				40	5,232
	Mayo				41	5,273
	Junio				42	5,315
	Julio				43	5,356
	Agosto				44	5,398
	Setiembre				45	5,439
	Octubre				46	5,481
Noviembre				47	5,522	

	Diciembre	48	5,564
2020	Enero	49	5,606
	Febrero	50	5,647
	Marzo	51	5,689
	Abril	52	5,730

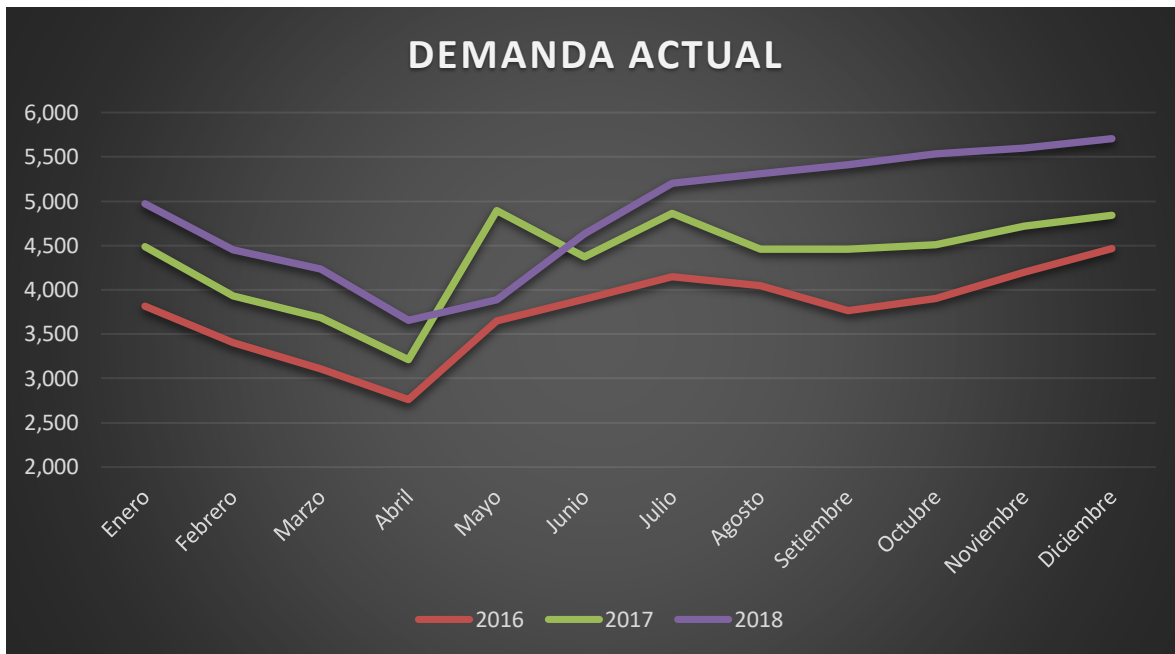


Figura 20. Demanda Actual

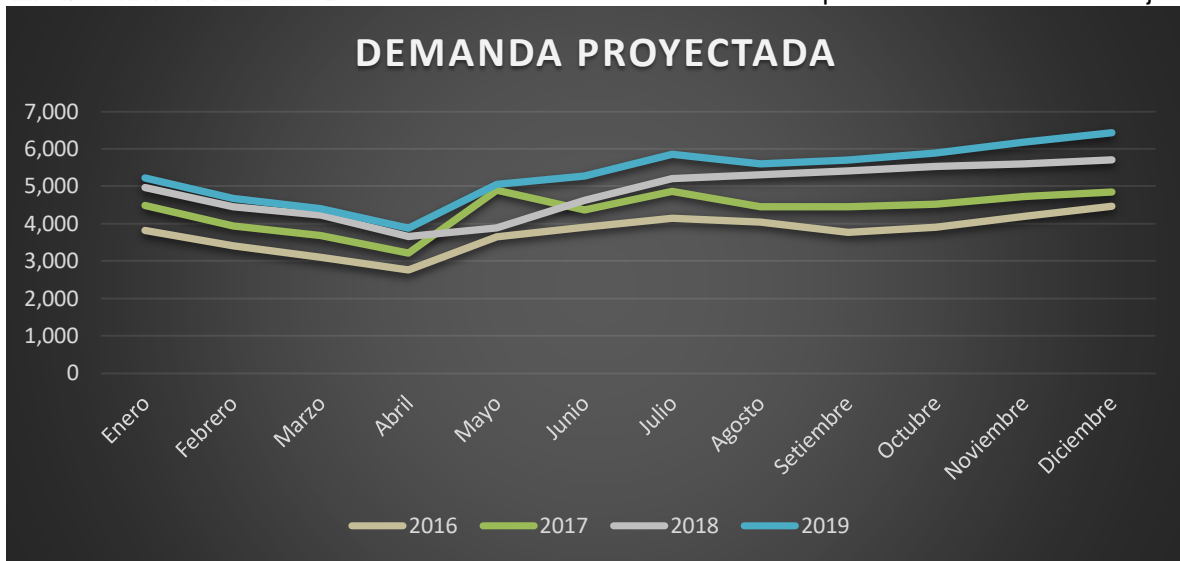


Figura 21. Demanda proyectada

Estacionalizar la demanda proyectada

Tabla 46

Pronóstico Estacional 2018-2019

Año	Mes	Proyección Demanda Desestacionalizada	Índice estacional	Pronóstico estacional
2019	Ene	5,107	1.0216501	5,217
	Feb	5,148	0.9076886	4,673
	Mar	5,190	0.8487827	4,405
	Abr	5,232	0.7412123	3,878
	May	5,273	0.9574312	5,049
	Jun	5,315	0.9934677	5,280
	Jul	5,356	1.0941081	5,860
	Ago	5,398	1.0379744	5,603
	Sep	5,439	1.0496015	5,709
	Oct	5,481	1.0739339	5,886
	Nov	5,522	1.1182095	6,175
	Dic	5,564	1.15594	6,432
2020	Ene	5,606	1.0216501	5,727
	Feb	5,647	0.9076886	5,126
	Mar	5,689	0.8487827	4,829
	Abr	5,730	0.7412123	4,247

2.12. Evaluación Económica

En la siguiente tabla se visualiza el presupuesto realizado por cada herramienta aplicada, donde se obtiene una inversión final de S/34,365.00.

Tabla 47

Inversión de la propuesta

Presupuesto				
Herramienta	Balance de Línea y tiempo estándar			
Descripción	Cantidad	Costo	Unitario	Costo Total
Sierras	40	S/	594.00	S/ 23,760.00
Marcadores de medida para maquinas	4	S/	200.00	S/ 800.00
Ingeniero responsable balance de línea	1	S/	3,000.00	S/ 3,000.00
Tabla de apuntes	1	S/	20.00	S/ 20.00
Hoja bond	1	S/	20.00	S/ 20.00
Cronometro	1	S/	25.00	S/ 25.00
Pizarra	4	S/	60.00	S/ 240.00
Subtotal				S/ 27,865.00
Herramienta	Distribución de planta			
Descripción	Cantidad	Costo	Unitario	Costo Total
Ingeniero Industrial Especializado en distribución de planta	1	S/	3,000.00	S/ 3,000.00
Subtotal				S/ 3,000.00
Herramienta	Control estadístico de calidad			
Descripción	Cantidad	Costo	Unitario	Costo Total
Ingeniero Industrial Especializado en control de procesos de calidad	1	S/	3,500.00	S/ 3,500.00
Subtotal				S/ 3,500.00
Inversión total		S/	34,365.00	

En la siguiente tabla se visualiza la depreciación de las máquinas

Tabla 48

Depreciación de las máquinas

Máquinas cortadoras	Depreciación Mensual otras máquinas empresa	
Sierras	S/	495.00
Máquina 1	S/	453.00
Máquina 2	S/	235.00

Máquina 3	S/	452.00
Máquina 4	S/	441.00
Depreciación Total	S/	2,076.00

Tabla 49

Costos Operativos y GAV

Costos Operativos (Producción)				
Descripción	Cantidad	Costo	Total	
Operarios de producción	6	S/ 930.00	S/ 5,580.00	
Supervisor	2	S/ 1,200.00	S/ 2,400.00	
Agua		S/ 250.00	S/ 250.00	
Luz		S/ 5,800.00	S/ 5,800.00	
Costo de transporte		S/ 4,000.00	S/ 4,000.00	
Total			S/ 18,030.00	
Gastos Administrativos				
Descripción	Cantidad	Costo	Total	
Administrador	1	S/ 2,800.00	S/ 2,800.00	
Contadora	1	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00	
Vigilante	2	S/ 1,250.00	S/ 2,500.00	
Total			S/ 7,300.00	

Evaluación económica

El 20% de TMAR es anual, en la cual está sujeto a la rentabilidad de la empresa que desea ganar el inversionista con la propuesta de mejora (información brindada por la empresa).

Tabla 50

Estado de resultados y flujo de cajas

Estado de Resultados											
Año	0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5					
Cajas		5217	4673	4405	3877	5048					
Precio venta	S/	30.00	S/	30.00	S/	30.00	S/	30.00			
Total Ingresos	S/	156,510.00	S/	140,190.00	S/	132,150.00	S/	116,310.00	S/	151,440.00	
Costo de MP	S/	104,340.00	S/	93,460.00	S/	88,100.00	S/	77,540.00	S/	100,960.00	
Costos Operativos	S/	18,030.00	S/	18,030.00	S/	18,030.00	S/	18,030.00	S/	18,030.00	
Depreciación de activos	S/	2,571.00	S/	2,571.00	S/	2,571.00	S/	2,571.00	S/	2,571.00	
Gastos administrativos	S/	7,300.00	S/	7,300.00	S/	7,300.00	S/	7,300.00	S/	7,300.00	
Utilidad antes de impuestos	S/	24,269.00	S/	18,829.00	S/	16,149.00	S/	10,869.00	S/	22,579.00	
Impuestos (30%)	S/	6,795.32	S/	5,272.12	S/	4,521.72	S/	3,043.32	S/	6,322.12	
Utilidad después de impuestos	S/	17,473.68	S/	13,556.88	S/	11,627.28	S/	7,825.68	S/	16,256.88	
Flujo de Caja											
Año	0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5					
Utilidad antes de impuestos		S/	24,269.00	S/	18,829.00	S/	16,149.00	S/	10,869.00	S/	22,579.00
Depreciación de activos		S/	2,571.00	S/	2,571.00	S/	2,571.00	S/	2,571.00	S/	2,571.00
Inversión	S/34,365.00										
Flujo Neto Efectivo	-34365	S/	26,840.00	S/	21,400.00	S/	18,720.00	S/	13,440.00	S/	25,150.00
VAN	S/30,284.81										
TIR	59.50%										
PRI	2.66 años										
MES	0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5					
Ingresos		S/156,510.00	S/140,190.00	S/132,150.00	S/116,310.00	S/151,440.00					
Egresos		S/136,465.32	S/124,062.12	S/117,951.72	S/105,913.32	S/132,612.12					
VNA Ingresos	S/.421,206.06										
VNA Egresos	S/.372,505.31										
Beneficio/Costo	S/.1.13										

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Resultados del control estadístico de procesos

Con la aplicación del control estadístico de procesos se logró un beneficio S/51,278.04 anuales mejorando considerablemente el índice de productos rechazados por los clientes. Así mismo esta misma herramienta logró solucionar el problema de la Falta de control de mermas logrando un beneficio anual de S/884,040.64

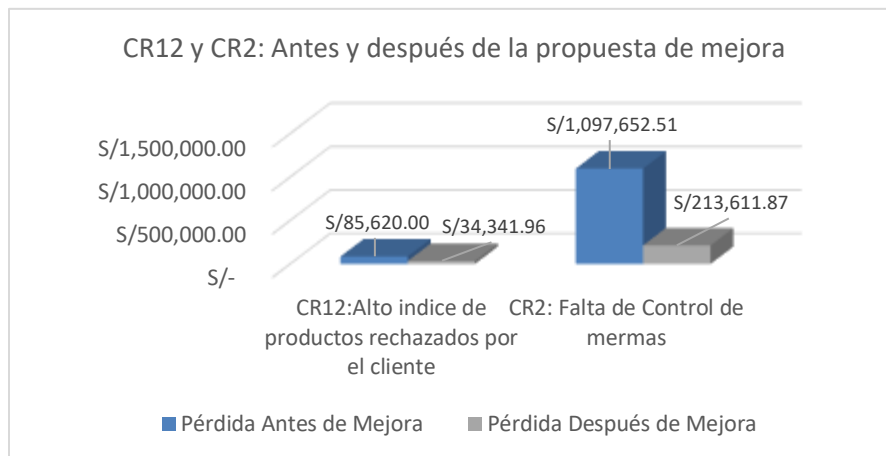


Figura 22. CR12 y CR2 antes y después de la propuesta

3.2. Resultados del Balance de línea

El balance de línea logro una reducción de S/41,890.25 estableciendo este resultado como el beneficio obtenido después de la aplicación, esto demuestra que el costo se redujo al 100%. Considerando de esta manera como una excelente herramienta en la solución de paradas de máquinas por WID en la línea de producción de parihuelas.

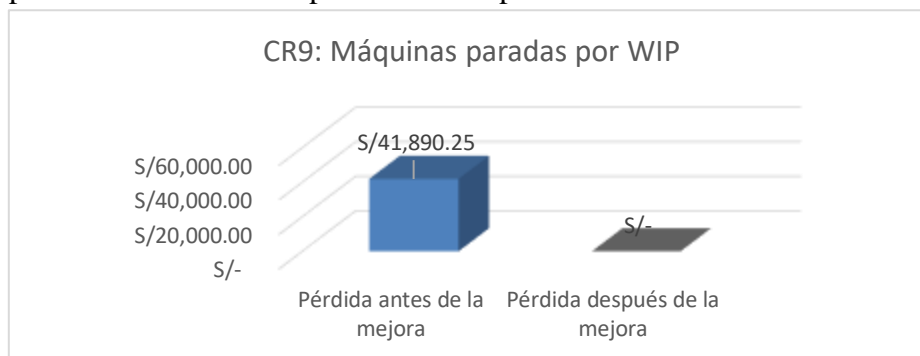


Figura 23. CR9 antes y después de la propuesta

3.3. Resultados del pronóstico de ventas

Con el pronóstico de ventas se logró reducir los costos del 100% por la mala planificación de la producción ahorrando s/972,000.00 anuales, esto demuestra considerablemente que esta herramienta de soporte es importante en la toma de decisiones en la planeación de la producción, sobre todo para el abastecimiento de insumos y materiales.

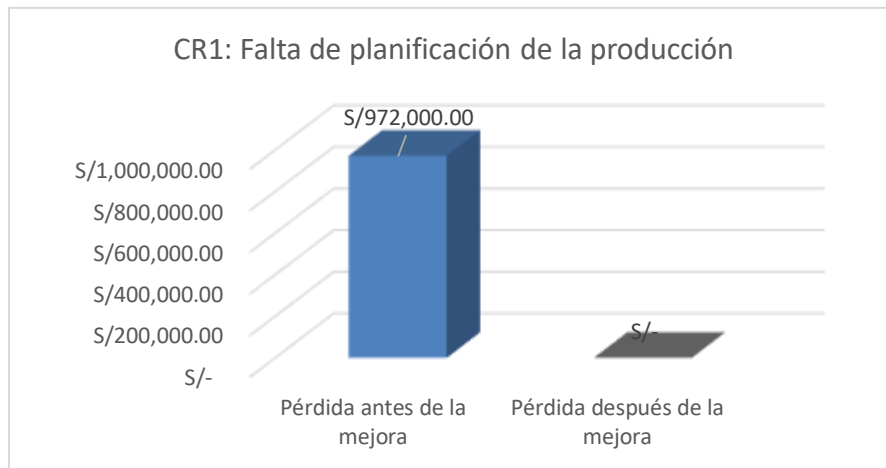


Figura 24. CR1 antes y después de la propuesta

3.4. Resultados de la distribución de planta

Con la aplicación de la distribución de planta se logró reducir los costos por la falta de orden en el área de trabajo de S/5,036.90 a S/1,422.42 obteniendo un beneficio económico de S/3,614.48

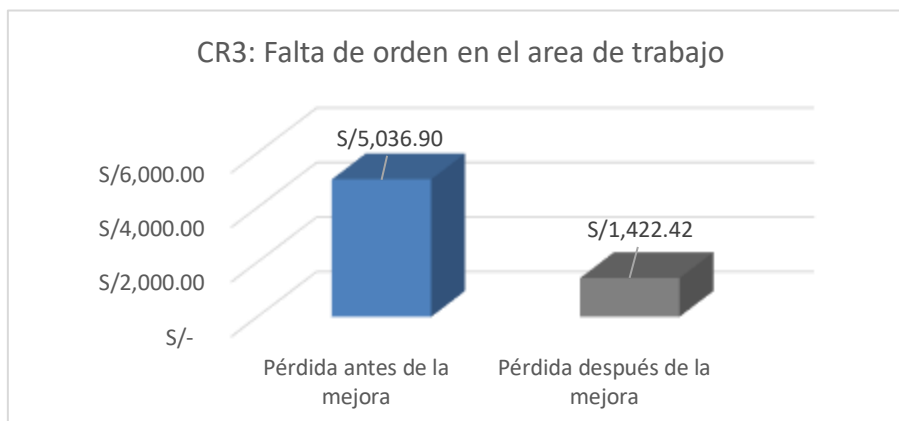


Figura 25. CR3: Antes y después de la propuesta.

Beneficios Obtenidos

Los beneficios obtenidos después de la propuesta de mejora es S/1,078,023.41

Tabla 51

Beneficios obtenidos después de la propuesta de mejora

Causas raíces	Pérdida Antes de Mejora	Pérdida Después de Mejora
CR12:Alto índice de productos rechazados por el cliente	S/85,620.00	S/34,341.96
CR2: Falta de Control de mermas	S/1,097,652.51	S/213,611.87
CR9: Máquinas paradas por WIP	S/41,890.25	S/0.00
CR1: Falta de planificación de la producción	S/97,200.00	S/0.00
CR3: Falta de orden en el área de trabajo	S/5,036.90	S/1,422.42
Subtotal	S/1,327,399.66	S/249,376.25

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

La cantidad de parihuelas vendidas para el año 2019 (Julio-Diciembre) y 2020 (Enero-Abril), fueron calculados mediante un pronóstico estacional, se consideró que los activos de la empresa se terminarán de depreciar durante el año 2020. Observamos que la utilidad después de impuestos es positiva, debido a que la inversión requerida para la implementación de las mejoras es menor comparado con las utilidades, lo cual se ve reflejado en el TIR el cual tiene un valor de 59.5% y un VAN de S/.30,284.81. Esto es respaldado por (Flores, 2013), en su investigación que también logró un resultado similar con la aplicación del lean manufacturing en la línea de producción de calzados logrando indicadores como el VAN de S/81494.41 y un TIR: 1.37 que confiere la viabilidad y rentabilidad de la propuesta.

El diagnóstico de las causas se realizó mediante el diagrama de Ishikawa y el diagrama de Pareto, de esta manera se priorizaron las causas, de igual manera (Arana, 2014) en su estudio con título “Mejora de productividad en el área de producción de carteras en una empresa de accesorios de vestir y artículos de viaje”. También utilizó dichas herramientas que le permitió priorizar las causas más relevantes para así de esta manera utilizar las herramientas de lean manufacturing en estudio, logrando de esta manera un ahorro generado de más de 3 mil soles mensuales en base a los costos de calidad, lo que generó mayor ingreso a la empresa.

Por otro lado uno de los problemas más importantes era el de tener Máquinas paradas por WIP, el cual ocasionaba una pérdida anual de S/41,890.25., se detectó que el problema se

debía a que las máquinas trabajaban a una velocidad de producción bastante dispareja, ocasionando acumulaciones de inventario entre procesos, tiempos de espera por falta de material, por lo que se decidió realizar un balance de líneas para eliminar los cuellos de botellas que afectaban la producción, esta herramienta nos dio como resultado que para poder tener una velocidad de producción uniforme en todos los procesos era necesario agregar una maquina en el área de descortezado, una máquina en el área de corte, dos máquinas en el área de tableado y una maquina en el área de armado, las cuales pueden aumentar la velocidad de producción que es actualmente de 2.55 minutos por parihuela a 0.85 minutos, aumentando la producción de 188 a 467 parihuelas.

En comparación con (Checa, 2014) sobre el estudio de "Propuesta de mejora en el proceso productivo de la línea de confección de polos para incrementar la productividad de la empresa Confecciones Sol" en su análisis determino que los causas con mayor impacto en el taller son falta de capacidad de planta, optando por no tomar el pedido; perdiendo en promedio 24.4% de ventas mensuales. Por lo que se realizó una propuesta de mejora para estudio de tiempos y método de trabajo, para la Gestión de Almacén y Distribución de Planta, incrementando la productividad de línea de polos básicos a 90.68%, es decir una producción semanal con 500 prendas diarias.

Otra de las causas raíces analizadas fue la Falta de planificación de la producción, la cual actualmente ocasiona una pérdida anual de S/97,200, esto se daba principalmente a que no se realizaba un pronóstico de ventas y esto ocasionaba muchas veces el desabastecimiento de materia prima, retrasando la entrega de pedidos. Así mismo el estudio de (Dávalos, 2015)

sobre la “Aplicación de Lean Manufacturing en el área de producción y su influencia en la rentabilidad de la empresa Producciones Nacionales TC EIRL” también existió una falta de planificación de la producción como una de las causas más importantes en el desarrollo de la investigación donde se obtuvo que el 5% eran productos defectuosos, generando paradas de producción no programadas. Con la aplicación del lean manufacturing se logró un incremento en 0,65% de la rentabilidad mensual y en 1,78% de la rentabilidad trimestral de la empresa.

La falta de orden en el área de trabajo era otro problema importante a considerar, debido a que las áreas de trabajo estaban mal distribuidas y los trabajadores tenían que hacer largos recorridos para poder desplazarse entre las áreas de trabajo, esto ocasionaba una pérdida anual de S/ 5,036.9. Por lo cual se decidió realizar una distribución de planta, durante la aplicación de esta herramienta se determinó que los trabajadores en total realizaban un desplazamiento de 54,354 metros en promedio, luego de la aplicación de la distribución de planta se pudo reducir esta cifra a 39,003 metros, obteniendo una reducción de la pérdida a S/1,422.42, generando un beneficio de S/1422.42.

4.2 Conclusiones

Con la propuesta de mejora de mejora se logró reducir las pérdidas por Alto índice de productos rechazados por el cliente de S/85,620.00 soles a S/34,341.96 soles, logrando una reducción del 40.11%.

A través del diagnóstico de la línea de producción de producción se identificaron que las causas que mayor impacto generan en los costos altos de la empresa son: Alto índice de

productos rechazados por el cliente, Máquinas paradas por WIP, Falta de planificación de la producción, Falta de orden en el área de trabajo y Falta de control de mermas.

Se diseñó la propuesta de mejora reduciendo los costos operativos con la aplicación de balance de línea, control estadístico de calidad, pronóstico de ventas y distribución de planta.

La inversión de la propuesta de mejora es de S/34,365.00 y beneficios obtenidos de la aplicación de la propuesta de mejora es S/1,078,023.41 al año.

Comparando los resultados de los costos operativos antes y después se obtuvo lo siguiente:

La aplicación del balance de líneas permite aumentar la velocidad de producción de parihuelas de 2.55 min/parihuela a 0.85 min/parihuela, logrando un aumento de la producción de 248%. También se logró reducir el tiempo que las máquinas permanecían paradas debido a trabajo en proceso, logrando una reducción de los costos de esta causa raíz de S/41,890.25 soles a S/0 soles. El uso de un pronóstico estacional de ventas podría reducir las pérdidas por falta de planificación de la producción de S/97,200 soles a S/0 soles. Asimismo, se logró reducir el desplazamiento de los trabajadores de 54,354 metros a 39,003 metros, logrando una reducción del 28.24%. Además de reducir los costos por falta de orden en el área de trabajo de S/5,036.9 a S/.1422.42. Finalmente se logró reducir las pérdidas por mermas de la materia prima de S/655,433.76 a S/213,611.87, logrando un beneficio de S/441,821.89.

Con respecto a los indicadores económicos se obtuvo un VAN de S/. 30,284.81, un TIR de 59.50% y la Inversión de S/34,365.00 siendo rentable y viable la propuesta de mejora de la línea de producción de parihuelas, con un PRI de 2.66 años y un Costo beneficio de S/.1.13.

REFERENCIAS

- Altuna, R., & Urteaga, E. (2014). La cooperativa Fagor Ederlan: el 'lean manufacturing' como modelo de gestión. CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa, (82), 29-64.
- Arana, L. (2014). Mejora de productividad en el área de producción de carteras en una empresa de accesorios de vestir y artículos de viaje
- Cazau, P. (2006). Introducción a la investigación en Ciencias Sociales. Buenos Aires, Argentina. El psicoasesor. Recuperado de <http://alcazaba.unex.es/asg/400758/MATERIALES/INTRODUCCI%C3%93N%20A%20LA%20INVESTIGACI%C3%93N%20EN%20CC.SS..pdf>
- Checa, L. (2014). Propuesta de mejora en el proceso productivo de la línea de confección de polos para incrementar la productividad de la empresa Confecciones Sol.
- Correa, E. (2011). Formación de Especialistas LEAN SIX SIGMA GREEN BELT. Quito, Ecuador: Moura/Quali.
- De la Vara, R., & Gutiérrez, H. (2004). Control estadístico de calidad y seis sigma.
- Duque Arcila, J. (2012). Aproximación a una distribución de un Sistema de Almacenamiento para la Empresa Tecnoluce Chile SA.
- Fink, A. (2005). Conducting research literature reviews. From the internet to paper. SAGE Publications.
- Hodson, W. K. (1996). Maynard Manual del Ingeniero Industrial. 4ta. Edición. México. Editorial McGraw-hill.

Jimarez, R. M., & Zárate, M. O. (2017). Notas sobre el presupuesto basado en resultados.

Juárez López, Y., Pérez Rojas, A., & Rojas Ramírez, J. (2012). Diagnóstico de Procesos Previos a la Aplicación de la Manufactura Esbelta. *Nexo Revista Científica*, 25(1), 09-17. doi:<http://dx.doi.org/10.5377/nexo.v25i1.792>

LEÓN, Gonzalo Emilio, MARULANDA, Natalia, & GONZÁLEZ, Henry Helí. (2017). Factores claves de éxito en la implementación de lean manufacturing en algunas empresas con sede en Colombia. *Tendencias*, 18(1), 85-100. <https://dx.doi.org/10.22267/rtend.171801.66>

Monge, C. (2016). Nivel de desempeño en manufactura esbelta, manufactura sustentable y mejora continua. *Mercados y Negocios* (2594-0163), 0(31), 41-66. Recuperado de <http://revistascientificas.udg.mx/index.php/MYN/article/view/4297/4052>

Morales-González, Á., & Rojas-Ramírez, J., & Hernández-Simón, L., & Morales-Varela, A., & Rodríguez-Sánchez, S., & Pérez-Rojas, A. (2013). Modelación de la cadena de suministro evaluada con el paradigma de manufactura esbelta utilizando simulación. *Científica*, 17 (3), 133-142.

Pascal, Dennis. (2002) *Lean Production Simplified*. New York: Productivity.

Pérez-Vergara, I., & Marmolejo, N., & Mejía, A., & Caro, M., & Rojas, J. (2016). Mejoramiento mediante herramientas de la manufactura esbelta, en una Empresa de Confecciones. *Ingeniería Industrial*, XXXVII (1), 24-35.

Rojas, A. R. F. (2009). *Herramientas de calidad*. Universidad Pontificia Comillas ICAI-ICADE

Rojas, P., Romero, S., & Sepúlveda, S. (2000). *Algunos ejemplos de cómo medir la competitividad*. San José: IICA.

Sáenz Muñoz, M. (2012). Diseño, análisis y producción de marco de sofá tapizado mediante aplicación de Manufactura Esbelta. *Sistemas & Telemática*, 10 (22), 81-92.

Sales, M. (2009). Diagrama de Pareto. Recuperado el, 15.

Sales, M. (2009). Diagrama de Pareto. Planificación y control de proyectos. EALDE Business School. Recuperado el, 15.

Sánchez-Meca, J. (2010). Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis. ICE. Universidad de Oviedo, 53-64.

Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial. (2013). Mejora de métodos de trabajo.

Tamayo Sierra, Paúl (2014). Mejora del proceso productivo de la empresa dulces S.A. mediante la aplicación de la metodología 6 o. Facultad de Ingenierías y Ciencias Agropecuarias. UDLA. Quito. 112 p.

Tamayo Sierra, Paúl (2014). Mejora del proceso productivo de la empresa dulces S.A. mediante la aplicación de la metodología 6 o. Facultad de Ingenierías y Ciencias Agropecuarias. UDLA. Quito. 112 p.

Tapia Coronado, Jessica, Escobedo Portillo, Teresa, Barrón López, Enrique, Martínez Moreno, Guillermina, & Estebané Ortega, Virginia. (2017). Marco de Referencia de la Aplicación de Manufactura Esbelta en la Industria. *Ciencia & trabajo*, 19(60), 171-178. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-24492017000300171>

Tejeda, A. (2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. *Ciencia y Sociedad*, XXXVI (2), 276-310.

Vargas-Hernández, J., & Muratalla-Bautista, G., & Jiménez Castillo, M. (2018). Sistemas de producción competitivos mediante la implementación de la herramienta lean manufacturing. *Ciencias Administrativas*, (11), 81-95.

Villacreses, K. F. B., & Castro, D. S. H. (2005). Implementación de una Metodología con la Técnica 5S para Mejorar el Área de Matricería de una Empresa Extrusora de Aluminio. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 18(1).

Anexo 1: Encuesta a Expertos

ENCUESTA DE MATRIZ DE PRIORIZACIÓN - ASERRADERO TUNG YING S.R.L.

Problema: ALTOS COSTOS OPERATIVOS

Nombre: García Hernández, Jorge **Área:** Administración

CALIFIQUE LAS SIGUIENTES CAUSAS SEGÚN SU CRITERIO, DE ACUERDO AL NIVEL EN QUE USTED CREE QUE TIENE LOS ALTOS COSTOS OPERATIVOS EN LA EMPRESA ASERRADERO TUNG YING S.R.L. (DEL 1 AL 5, SIENDO EL 5 EL NIVEL MÁS PERJUDICIAL Y 1 EL MENOS PERJUDICIAL)

Califique en qué nivel perjudica los altos costos operacionales de la empresa las siguientes causas:

Causa	Preguntas con Respecto a las Principales Causas	Calificación
Cr1	Falta de planificación de la producción.	4
Cr2	Falta de control de mermas	4
Cr3	Falta de orden en el área de trabajo	1
Cr4	Ruido por encima de los límites máximos permisibles	5
Cr5	Inadecuado almacenamiento de MP y WIP	4
Cr6	Falta de capacitación para operar la maquinaria nueva.	2
Cr7	Falta de capacitación personal.	3
Cr8	Alto índice de rotación de personal	2
Cr9	Máquinas paradas por WIP	1
Cr10	Falta de indicadores	1
Cr11	Inexistencia de formatos para el control de la calidad	1
Cr12	Alto índice de productos rechazados por el cliente.	5

ÁREAS : TODAS
PROBLEMA : COSTOS OPERATIVOS

NIVEL	CALIFICACIÓN
Muy Alto	5
Alto	4
Regular	3
Bajo	2
Muy Bajo	1

Anexo 2: Matriz De Priorización

ÁREAS	CAUSAS RESULTADOS ENCUESTA	MÉTODOS		MEDIO AMBIENTE		MATERIA PRIMA	MAQUINARIA		MANO DE OBRA		MEDICIÓN		
		Falta de planificación de la producción.	Falta de control de mermas	Falta de orden en el área de trabajo	Ruido por encima de los límites máximos permisibles	Inadecuado almacenamiento de MP y WIP	Falta de capacitación para operar la maquinaria nueva.	Falta de capacitación personal.	Alto índice de rotación de personal	Máquinas paradas por WIP	Falta de indicadores	Inexistencia de formatos para el control de la calidad	Alto índice de productos rechazados por el cliente.
		CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	CR9	CR10	CR11	CR12
GERENCIA	Operario 1	4	5	5	1	1	1	1	2	5	2	2	5
	Operario 2	4	5	4	1	1	2	2	1	5	1	1	4
ADMINISTRACIÓN	Operario 3	5	4	5	2	2	1	1	1	5	2	2	5
	Operario 4	5	5	5	1	1	2	1	1	5	1	1	5
PRODUCCIÓN	Operario 5	3	5	4	1	1	1	1	1	3	1	2	4
	Operario 6	4	5	5	1	2	1	1	1	5	1	1	5
	Operario 7	5	5	3	2	1	1	1	1	4	2	1	4
	Operario 8	4	4	5	1	1	1	1	2	5	1	1	5
	Operario 9	5	5	5	1	1	2	2	2	5	1	1	3
	Operario 10	5	3	4	1	1	1	2	1	4	2	2	4
Calificación Total	TOTAL	44	46	45	12	12	13	13	13	46	14	14	44

