



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE UN PLAN DE PRODUCCIÓN PARA EL PROCESO DE
ARMADO DE JEANS EN UNA PLANTA MAQUILADORA

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniero Industrial

AUTOR: PABLO ANDRÉS ANDRADE BERMEO

TUTOR: ING. ROMÁN GENARO IDROVO DAZA, MAE.

Cuenca – Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Pablo Andrés Andrade Bermeo con documento de identificación N° 0106865389 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 03 de julio del año 2023

Atentamente,



Pablo Andrés Andrade Bermeo
0106865389

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Pablo Andrés Andrade Bermeo con documento de identificación N° 0106865389, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “PROPUESTA DE UN PLAN DE PRODUCCIÓN PARA EL PROCESO DE ARMADO DE JEANS EN UNA PLANTA MAQUILADORA”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 03 de julio del año 2023

Atentamente,



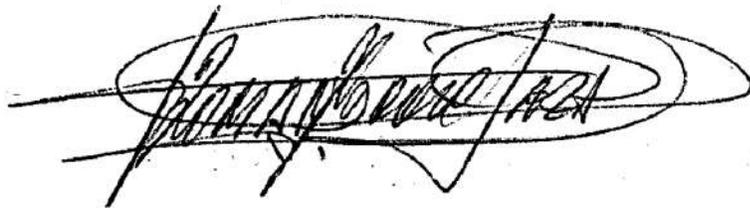
Pablo Andrés Andrade Bermeo
0106865389

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Román Genaro Idrovo Daza con documento de identificación N° 0102073459, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA DE UN PLAN DE PRODUCCIÓN PARA EL PROCESO DE ARMADO DE JEANS EN UNA PLANTA MAQUILADORA , realizado por Pablo Andrés Andrade Bermeo con documento de identificación N° 0106865389, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 03 de julio del año 2023

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, enclosed within a large, hand-drawn oval. The signature is cursive and appears to read 'Román Genaro Idrovo Daza'.

Ing. Román Genaro Idrovo Daza, MAE

0102073459

Dedicatoria

Quiero dedicar el presente trabajo a mis padres por haberme dado la oportunidad de estudiar y guiado a largo de este proceso. A mis hermanos, familiares y amigos que con su cariño me han motivado seguir adelante.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por haberme dado la salud y la vida para poder sacar adelante la carrera. A mis padres que han sido mi mayor motivación y mi ejemplo a seguir por sus grandes esfuerzos y valores que me han inculcado. A mis hermanos, familiares y amigos, que han sido parte importante de mi crecimiento como persona, ya que con sus consejos, cariño y apoyo me han dado los ánimos y la energía para cumplir mis objetivos

Finalmente, quiero agradecer al Ing. Román Idrovo, pues gracias a su guía y ayuda he logrado desarrollar de la mejor forma mi trabajo de titulación, de igual modo sus consejos y experiencias me han permitido aprender nuevas cosas acerca de diversos aspectos de la vida.

Este documento fue realizado enteramente en L^AT_EX

Índice

| | |
|--|------------|
| Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación | I |
| Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana | II |
| Certificado de dirección del trabajo de titulación | III |
| Dedicatoria | IV |
| Agradecimientos | V |
| Resumen | XIV |
| Abstract | XV |
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Problema | 2 |
| 2.1. Descripción del problema | 2 |
| 2.2. Antecedentes | 3 |
| 2.3. Importancia y alcance | 3 |
| 2.4. Delimitación | 3 |
| 2.4.1. Espacial o geográfica | 4 |
| 2.4.2. Temporal | 4 |
| 2.4.3. Sectorial o institucional | 4 |
| 2.5. Problema General | 5 |
| 2.6. Problemas Específicos | 5 |
| 3. Objetivos | 5 |
| 3.1. Objetivo General | 5 |
| 3.2. Objetivos Específicos | 5 |
| 4. Revisión de la Literatura | 5 |
| 5. Marco Teórico | 8 |
| 5.1. Proceso productivo | 8 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 5.1.1. | Proceso | 8 |
| 5.1.2. | Metodología de trabajo | 10 |
| 5.1.3. | Proceso de armado de un pantalón | 10 |
| 5.1.4. | Layout | 11 |
| 5.1.5. | Análisis de fallos | 11 |
| 5.1.6. | Tiempo de ciclo y Takt Time | 12 |
| 5.1.7. | Capacidad de Producción | 13 |
| 5.2. | Plan de producción | 14 |
| 5.2.1. | Pronósticos de la demanda | 14 |
| 5.2.2. | Tamaño de Lote | 17 |
| 5.2.3. | Plan Agregado de Producción | 18 |
| 5.2.4. | Plan maestro de producción | 18 |
| 5.2.5. | Costos de Producción | 19 |
| 5.3. | Análisis comparativo del plan de producción | 20 |
| 5.3.1. | Planificación de la capacidad | 20 |
| 5.3.2. | Productividad | 20 |
| 6. | Marco metodológico | 21 |
| 6.1. | Metodología de la Investigación | 21 |
| 6.2. | Metodología del proceso | 22 |
| 6.2.1. | Diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa. | 23 |
| 6.2.2. | Propuesta de un plan de producción en base al diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa. | 27 |
| 6.2.3. | Análisis comparativo entre la capacidad de la planta y el plan de producción propuesto en base al diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa. | 29 |
| 7. | Resultados | 30 |
| 7.1. | Diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa. | 30 |
| 7.2. | Propuesta del plan de producción en base al diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa. | 56 |
| 7.3. | Análisis comparativo entre la capacidad de la planta y el plan de producción propuesto en base al diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa. | 63 |
| 8. | Conclusiones | 75 |

9. Recomendaciones **76**

Referencias **82**

ANEXOS **83**

 9.1. Anexo A 84

 9.2. Anexo B 90

 9.3. Anexo C 92

 9.4. Anexo D 93

 9.5. Anexo E 94

 9.6. Anexo F 95

Lista de Tablas

- 1. Información de la mano de obra 35
- 2. Disposición de la mano de obra 36
- 3. Errores de los métodos de pronósticos que se consideraron. 58

Lista de Figuras

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Ubicación Geográfica | 4 |
| 2. | Simbología del diagrama de flujo | 10 |
| 3. | Métodos de pronósticos de demanda | 15 |
| 4. | Fórmula del método de suavizamiento exponencial simple | 16 |
| 5. | Fórmula del método de suavizamiento exponencial con tendencia ajustada | 16 |
| 6. | Metodología del proceso | 23 |
| 7. | Hilos utilizados en el proceso de armado de un pantalón | 31 |
| 8. | Partes para armar la delantera | 32 |
| 9. | Partes para armar la trasera | 33 |
| 10. | Pretina | 34 |
| 11. | Máquina Atracadora | 37 |
| 12. | Máquina Cerradora | 38 |
| 13. | Máquina Doble | 38 |
| 14. | Máquina Doble Angosta | 39 |
| 15. | Máquina Overlock | 40 |
| 16. | Máquina Recta | 41 |
| 17. | Máquina Recubridora | 42 |
| 18. | Máquina pretinadora | 43 |
| 19. | Cortadora de mano | 43 |
| 20. | Plancha de mano | 44 |
| 21. | Puntas del pantalón | 45 |
| 22. | Orden de trabajo Jeans Diamante | 46 |
| 23. | Orden de trabajo Mofitex Company | 46 |
| 24. | Orden de trabajo León Jeans | 47 |
| 25. | Diagrama de flujo del proceso completo para la fabricación de un pantalón | 48 |
| 26. | Diagrama de flujo del armado de la delantera | 49 |
| 27. | Diagrama de flujo del armado de la trasera | 50 |
| 28. | Diagrama de flujo de la unión entre delantera y trasera | 51 |
| 29. | Layout de la planta | 52 |
| 30. | Diagrama de Ishikawa | 53 |
| 31. | Árbol de Fallas | 54 |
| 32. | Tiempo de procesamiento | 55 |
| 33. | Capacidad de Producción | 56 |

| | | |
|-----|--|----|
| 34. | Pronóstico de la demanda mensual | 57 |
| 35. | Gráfica de la demanda con el pronóstico mensual | 58 |
| 36. | Comparación de costo de los métodos de planeación agregada | 59 |
| 37. | Datos para realizar el plan agregado | 60 |
| 38. | Resultados del Plan Agregado de Producción | 61 |
| 39. | Costos del Plan Agregado de Producción | 62 |
| 40. | Plan maestro de producción mensual | 63 |
| 41. | Parámetros para el análisis del Plan Maestro de Producción | 64 |
| 42. | Capacidad Teórica de la planta | 65 |
| 43. | Gráfica de la Capacidad Teórica de la planta | 65 |
| 44. | Capacidad Real de la planta | 66 |
| 45. | Gráfica de la Capacidad Real de la planta | 66 |
| 46. | Cálculo del total de minutos necesarios para producir las cantidades previstas | 67 |
| 47. | Comparación del Plan Maestro propuesto | 67 |
| 48. | Gráfica del análisis del plan maestro propuesto | 68 |
| 49. | Análisis del cuadro comparativo | 68 |
| 50. | Simulación de la Capacidad Real | 69 |
| 51. | Gráfica de la simulación realizada | 69 |
| 52. | Comparación del plan maestro propuesto con la estrategia planteada | 70 |
| 53. | Gráfica de la simulación realizada | 71 |
| 54. | Análisis del nuevo cuadro comparativo | 71 |
| 55. | Resultados de la estrategia propuesta | 72 |
| 56. | Costo de mano de obra directa | 72 |
| 57. | Costo de la materia prima | 73 |
| 58. | Gráfica de los costos de producción | 73 |
| 59. | Comparación de los costos de producción | 74 |
| 60. | Resultados del cálculo de la productividad | 74 |
| 61. | Tabla de Valoración | 84 |
| 62. | Tabla con los valores estándar para los suplementos | 85 |
| 63. | Tabla de Suplementos | 86 |
| 64. | Estudio de tiempos del proceso de armado de la delantera | 87 |
| 65. | Cálculo del número de observaciones para el proceso de armado de la delantera | 87 |
| 66. | Estudio de tiempos del proceso de armado de la trasera | 88 |
| 67. | Cálculo del número de observaciones para el proceso de armado de la trasera | 88 |
| 68. | Estudio de tiempos del proceso de unión de la delantera con la trasera | 89 |

| | | |
|-----|---|----|
| 69. | Cálculo del número de observaciones para el proceso de unión de la delantera con la trasera | 89 |
| 70. | Desarrollo del Takt Time | 90 |
| 71. | Desarrollo del método suavizamiento exponencial simple mensual | 91 |
| 72. | Desarrollo del método de suavizamiento Exponencial con Tendencia Ajustada | 92 |
| 73. | Desarrollo de los diferentes métodos de planeación agregada | 92 |
| 74. | Desarrollo de la Capacidad Teórica de la planta | 93 |
| 75. | Desarrollo de la Capacidad Real de la planta | 94 |
| 76. | Desarrollo de la simulación en Capacidad Real | 95 |
| 77. | Desarrollo del cálculo de la productividad global | 96 |

Resumen

El estudio tuvo como objetivo realizar una propuesta de un plan de producción para una planta maquiladora dedicada al armado de pantalones ubicada en la ciudad de Cuenca, con la finalidad de mejorar su productividad y planificar los tiempos de trabajo. La temática abordada se debió principalmente a la falta de planificación que presenta actualmente la planta, lo que provoca retraso en la entrega de los pedidos e inconformidades con los clientes. El enfoque de la investigación es cuantitativo, de tipo aplicada, con un alcance descriptivo, debido a que se aplicó conceptos teóricos referentes a un programa de producción. Para ello, primero se realizó un levantamiento de información que permitió conocer el proceso productivo actual, en el cual se determinó que por cada operario se pueden realizar 14 unidades al día, con un tiempo estándar de 32,46 minutos, y mediante el uso de un árbol de fallas conjuntamente con un diagrama de Ishikawa se identificó los problemas que se dan en la planta a causa de una mala planificación. Luego, se procedió a realizar la planificación de la producción, en la que se abordaron temas como el análisis de la demanda, la planeación agregada y el plan maestro de producción, con la cual se hizo la propuesta en relación a las cantidades que serán necesarias producir para los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2023. Finalmente, se comparó esta propuesta con la capacidad real en minutos que la planta actualmente dispone para trabajar, con ello se observó que se requería de más tiempo para producir, por lo que se aumentó las horas de trabajo, logrando así obtener los minutos necesarios para poder realizar a tiempo las cantidades previstas. A partir de los resultados obtenidos se concluyó que, gracias a la planificación propuesta, la empresa puede llegar a cumplir con la demanda solicitada dentro del tiempo previsto, mejorando así su organización y aumentando su productividad en un 10%.

Palabras clave: plan maestro de producción, planificación, demanda, técnicas.

Abstract

The objective of the study was to make a proposal of a production plan for a maquiladora plant dedicated to the assembly of pants, located in the city of Cuenca, in order to improve their productivity and plan work times. The topic addressed was mainly due to the lack of planning that the plant currently presents, which causes delays in the delivery of orders and disagreements with customers. The research approach is quantitative, of an applied type, with a descriptive scope, because theoretical concepts related to a production program were applied. For this, first an information survey was carried out that allowed knowing the current productive process, in which was determined that for each operator 14 units can be made per day, with a standard time of 32,46 minutes. Then, by means of the use of a fault tree together with an Ishikawa diagram, the problems that occur in the plant due to poor planning were identified. After that, the production planning was carried out, in which topics such as demand analysis, Aggregate Planning and Master Production Schedule were addressed. As a result, the proposal was made according to the quantities that will be necessary to produce for the months of October, November and December of the year 2023. Finally, this proposal was compared with the real capacity in minutes that the plant currently has to work. Consequently, it was observed that we required of more time to produce, so the working hours were increased, thus obtaining the necessary minutes to be able to carry out the quantities planned on time. Based on the results obtained, it was concluded that, thanks to the proposed planning, the company can meet the requested demand within the expected time, thus improving their organization and increasing their productivity by 10

Keywords: Master Production Schedule, planning, demand, techniques.

1. Introducción

En el Ecuador, “la industria textil y de confecciones es el segundo sector manufacturero que más plazas de empleo formal genera, aportando un 7% al PIB manufacturero nacional” (MME,2021). La competitividad del mercado y la continua exigencia de calidad, han ido en aumento año tras año y como consecuencia, las empresas se han visto en la necesidad de implementar nuevas estrategias y herramientas que ayuden a poder cumplir con lo que el mercado solicita, además que para llegar a ello se debe cumplir con los objetivos de producción planteados en cada empresa, llegando así a satisfacer la demanda solicitada en los tiempos determinados.

Una de las claves para el éxito de una organización es su correcta planificación, puesto que con ello se establece un camino claro hacia el cumplimiento de los objetivos. Al seguir este enfoque, la alta dirección se hará uso de herramientas específicas propias para solucionar el problema, y sobre todo haciendo uso de la información y referencias técnicas de los materiales y procesos utilizados, mostrándose así con una visión más clara de cara al futuro, facilitándose la toma de decisiones, generándose una mejor adaptación a las situaciones que puedan llegar a ocurrir tanto de forma externa como interna dentro de la organización, y con ello maximizar las oportunidades, minimizando los riesgos y logrando un crecimiento sostenible.

Por estas razones, en el presente estudio se propone un plan maestro de producción para una planta maquiladora que ayude a optimizar los tiempos de entrega, ya que, al ser una empresa auxiliar, es de vital importancia que los procesos se realicen con la máxima eficiencia y rapidez posible con el fin de garantizar que no haya retrasos en la producción de los respectivos clientes. Para ello, se han planteado tres objetivos, siendo el primero un levantamiento de información que permita conocer la planta y su proceso productivo. Un segundo, consistente en la propuesta del plan maestro de producción en base a un análisis previo de la demanda, y finalmente desarrollar un análisis comparativo de esta propuesta, con el propósito de determinar si la planta realmente puede cumplir con la planificación presentada, y de no ser el caso, crear estrategias que permitan a la empresa llegar a cumplir con las metas de producción.

La teoría utilizada para llevar a cabo esta propuesta, partió de una indagación previa de las diferentes herramientas que ayudan a determinar las incorrecciones existentes en la planta, como es la aplicación de un árbol de fallas y flujogramas de procesos que describan el proceso productivo; hasta el uso de cálculos necesarios para realizar una correcta planificación como son los métodos de pronósticos, constituyéndose de esta manera, en un sustento teórico, a fin de garantizar la propuesta y por ende el cumplimiento de los objetivos planteados.

Por otro lado, el presente documento podría servir como una guía para los interesados en solucionar problemas similares en sus empresas. Los formatos y plantillas se los puede modificar y adaptar al contexto de la organización que lo necesite, esto principalmente a que, en la ciudad de Cuenca, muchas de las pequeñas y medianas empresas son emprendimientos familiares que son manejados de forma empírica, sin bases técnicas que permitan tomar decisiones más acertadas y acorde a la realidad de la empresa. El presente trabajo puede tener un impacto e influencia en las personas o grupos que necesiten y busquen mejorar el crecimiento de su organización.

2. Problema

2.1. Descripción del problema

El problema identificado en el taller es el de no cumplimiento con los tiempos de entrega de las órdenes de trabajo, debido a que no existe una planificación en torno a la producción y a la capacidad del taller, lo que genera retrasos en las entregas. De igual forma, al no existir un estudio sobre los tiempos de procesamiento y la asignación de cargas en los puestos de trabajo, el período de entrega de los pedidos se suele aplazar para más días, dado a que muchas de las veces las cantidades que se piden producir para una fecha determinada, superan a lo que el taller puede realizar durante ese lapso de tiempo. Generalmente, las diferentes fábricas envían los cortes para armar un estimado de 500 pantalones a la semana, sin embargo, al término de la misma el taller logra realizar el montaje de aproximadamente 400 prendas. En consecuencia, el trabajo se acumula para la semana siguiente, retrasando los demás pedidos y generando demoras en las entregas. Por lo tanto, al no existir un estudio sobre la demanda y la capacidad productiva del taller, su planificación actual no les permite ser capaces para responder a tiempo ante el aumento en las órdenes de trabajo o en las cantidades que deben producir. Por otro lado, la forma de trabajar en el taller es cumplir con la demanda conforme les llega, es decir, lo primero que reciben es lo primero que despachan; por esta razón, usualmente la entrega de los pedidos se ve retrasada, en especial las órdenes que demandan mayor tiempo de trabajo. Esto se debe a que no existe una planificación en la producción, lo que conlleva a no saber con certeza si las cantidades producidas al día, a la semana o al mes son las necesarias para cumplir a tiempo con los pedidos solicitados, y si la metodología de trabajo con la que se manejan es la adecuada para poder satisfacer los requerimientos de sus clientes.

2.2. Antecedentes

El taller en el que se realizó el presente estudio es una empresa maquiladora, debido a que “recibe materia prima sin tener que pagar ningún tipo de arancel para convertirla en un producto” (Coll, 2021). La actividad principal del negocio consiste en armar y en unir los cortes de pantalones que les llegan de diferentes fábricas, convirtiéndose en una empresa auxiliar, ya que en el taller solamente se arma el pantalón y una vez terminado se lo vuelve a enviar a la fábrica correspondiente. La empresa comenzó sus actividades en el mes de junio del año 2020, contando inicialmente con 2 trabajadores y 10 máquinas, las cuales el propietario ya tenía previamente antes de abrir su negocio. Actualmente, el taller ha crecido y para finales del año 2022 este cuenta con un total de 7 trabajadores y 12 máquinas de coser, cada una cumpliendo una función específica dentro del proceso de armado de pantalones. Además, la empresa trabaja con varias fábricas, de entre las cuales se destacan: Diamante Jeans, RM y Superéxito, siendo las tiendas principales que constantemente envían los pedidos.

2.3. Importancia y alcance

La importancia de la presente investigación radica en que el taller no cuenta con estudios relacionados la planificación del trabajo, lo que ocasiona retrasos en la entrega de los pedidos, tal como se había indicado anteriormente. Por ende, los ingresos se ven afectados, ya que existen pérdidas en la producción, e inconformidades con clientes que a futuro se los podría llegar a perder. Por tal motivo, es relevante implementar una propuesta de un plan maestro de producción en base a la demanda del trabajo solicitado, y de esta manera aportar al taller con conocimientos técnicos que ayuden a mejorar sus tiempos de respuesta ante las órdenes de trabajo solicitadas.

Por otro lado, debido al tiempo que se requiere implementar y observar a tiempo real los resultados que devengan del estudio realizado, el presente proyecto solo queda como una propuesta en la planificación de la producción para el proceso de armado de pantalones, partiendo desde un análisis de los datos recolectados dentro del taller durante el período en que se llevará a cabo el estudio, y de igual forma presentar los resultados obtenidos del mismo, para que a futuro sean implementados si la empresa lo considera viable.

2.4. Delimitación

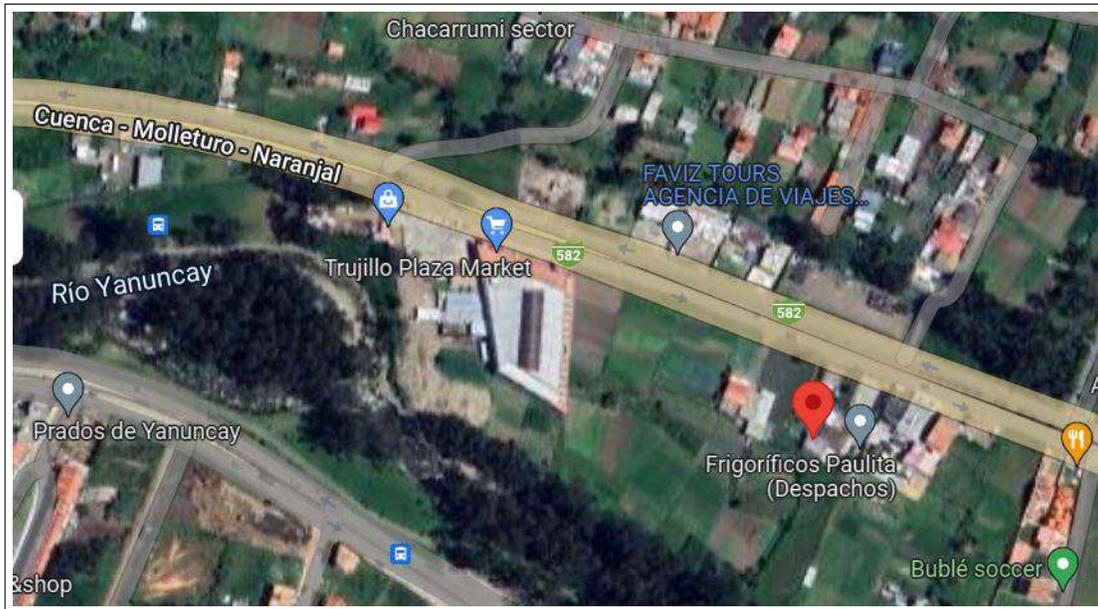
El problema de estudio se delimitó en las siguientes dimensiones:

2.4.1. Espacial o geográfica

El presente trabajo de titulación se desarrolló en la provincia del Azuay, en la ciudad de Cuenca sector Medio Ejido, tal como se observa en la figura.

Figura 1

Ubicación Geográfica del taller



Nota: Ubicación del taller en el sector Medio Ejido de la ciudad de Cuenca, Google Maps (2023).

2.4.2. Temporal

El trabajo de titulación se realizó desde el mes de febrero del año 2023 hasta junio del año 2023.

2.4.3. Sectorial o institucional

El presente estudio se llevó a cabo en un taller de tipo maquiladora perteneciente al sector manufacturero, puesto que su actividad productiva consiste en el armado de pantalones.

2.5. Problema General

¿Es posible proponer un plan de producción para el proceso de armado de jeans en una planta maquiladora?

2.6. Problemas Específicos

- ¿Se podrá realizar un diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa?
- ¿Es factible proponer un plan de producción en base al diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa?
- ¿Es posible analizar de forma comparativa la capacidad de la planta y el plan de producción propuesto en base al diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa?

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

- Proponer un plan de producción para el proceso de armado de jeans en una planta maquiladora.

3.2. Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa.
- Proponer un plan de producción en base al diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa.
- Analizar de forma comparativa la capacidad de la planta y el plan de producción propuesto en base al diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa.

4. Revisión de la Literatura

En la revisión de la literatura o estado del arte se considera lo que otros autores han escrito e indagado acerca del tema que se tratará en el presente estudio. Gracias a ello, el trabajo tendrá un sustento teórico, y se podrá beneficiar de información de otros autores con la cual se pueda comprender de mejor manera la temática a desarrollar y a partir de esto darle

un enfoque más acertado, teniendo en cuenta las problemáticas y las distintas situaciones que han explicado los diferentes estudios relacionados con el tema en cuestión.

A continuación, se presenta los artículos revisados para realizar el proyecto.

- Los autores (Leyva y Ramos, 2009) en su estudio titulado “Diseño de un plan maestro de la producción para la empresa Cellux Colombiana S.A. utilizando técnicas de planeación agregada” nos indican que:

El objetivo es minimizar los costos mediante el modelo de programación lineal, ya que de todas las técnicas de APP fue la que más se ajustó a las necesidades de la empresa, además porque este modelo si asegura la solución óptima del problema, lo que permitió mejorar las debilidades que la empresa venía presentando.

- (Gutierrez, 2014) autora del trabajo titulado “Diseño de plan maestro de producción para la pesquera Transantartic” notó que “el desarrollo del plan maestro implicó un levantamiento detallado de información de dicha empresa, su proceso productivo, la evaluación de la capacidad tanto de sus instalaciones como de los insumos que entran constantemente a la planta.”
- El Dr. Joan Triadó Aymerich con su investigación titulada “Planificación de la producción y plan maestro de producción” nos dice que “una vez prevista la demanda, conocemos la manera de realizar el plan maestro, el cual nos determina cómo se ha de producir, a que ritmo según la demanda” (Triadó, 2018).
- El autor (Rodas, 2013) propuso en su tesis “Diseño de un Sistema de Planificación de Producción y Gestión de Materiales (MRP) para la empresa “Ego Zapatería” e Implementación de un Sistema Prototipo” que:

El requerimiento de dicho sistema surgió por la necesidad de informatizar muchos de los procesos que se llevan a cabo en las áreas de Bodega, Producción y Comercialización, ya que, estos se han realizado de forma mensual o haciendo uso de hojas de cálculo, lo cual genera un alto tiempo de ocupación, sin permitir contar con los datos relevantes de forma oportuna para la toma de decisiones.

- El estudio realizado por (Calamani, 2017) de nombre “Diseño de un plan de producción y distribución de planta en la empresa Gonzaplast” cuyo objetivo es

Elaborar un plan de mejora con el fin de poder incrementar la productividad y generar una mayor rentabilidad. Gracias a ello logró plantear una mejora que consiste en la compra de una nueva extrusora para poder incrementar la productividad mediante la evaluación económica de la inversión del proyecto a largo plazo se ve que la propuesta es factible dando un VAN de 66,070.27 > 0 y una TIR de 60,80%.

- El trabajo de titulación realizado por Elena Dorrego, “Modelo para la producción y evaluación formativa de medios instruccionales, aplicado al video y al software” nos indica que “el plan de producción debe especificar todas las actividades de tipo técnico y administrativo que conducirán a la producción y a la postproducción del material, incluyendo tanto recursos humanos como materiales” (Dorrego, 2011).
- Los autores (Zapata, González, y Sánchez, 2019) del trabajo de grado “Diseño de un Plan Maestro de Producción para la empresa industrias San Judas LTDA” nos explican que

Una de las herramientas utilizadas por las empresas modernas para enfrentar competitivamente los retos que el mercado globalizado ofrece es a través de la planeación en la producción, la cual a través de diferentes técnicas entre ellas el plan maestro de producción permite tener un orden de productos a fabricar en determinado período de tiempo.

- El autor (Castillo, 2023) de la investigación titulada “Diseño de un plan maestro de producción del tardón mireño para la Asociación Manos Productivas Cia. LTDA. de la ciudad de Mira” expresa lo siguiente:

La empresa tiene problemas que mediante un gráfico de Pareto el incumplimiento de los pedidos de los clientes es la causa del 82% de los problemas. Ante la necesidad de resolver el problema se identificó que fue necesario hacer un pronóstico de demanda para realizar un plan maestro de producción a corto plazo, es decir considerar ser aplicado para los 6 primeros meses del año 2023.

- (Ibarra, 2022) autora del trabajo titulado “Diseño de un plan maestro de producción en la empresa Tecnibisagras” nos explica que

La planificación de la producción se realiza de forma empírica, la cual de conjunto con la inexistencia de un Sistema de Gestión de la Calidad adecuado originan los siguientes problemas: Exceso de volumen en inventarios de materia prima y sobreproducción, como consecuencia de la falta de fiabilidad en el sistema.

- El autor (Paz, 2017) en su investigación de nombre “Implementación de un plan maestro de producción para mejorar la rentabilidad en Pluscosmética” nos aclara que

El principal objetivo es, demostrar como un correcto desarrollo de un Plan Maestro de Producción y una adecuada implementación, puede constituirse en una herramienta muy importante para tomar decisiones y de esta forma apoyar en mejorar la rentabilidad de la empresa.

5. Marco Teórico

5.1. Proceso productivo

5.1.1. Proceso

“Un proceso de producción es el conjunto de actividades orientadas a la transformación de recursos o factores productivos en bienes y/o servicios, con el fin de satisfacer una demanda en el mercado” (Chain, 2023).

5.1.1.1. **Tipos de procesos productivos** Como nos indica (Chavez, 2023c) se identifican principalmente 4 procesos de producción, las cuales son:

- Producción bajo pedido: Fabricación adaptada a las exigencias específicas de un cliente. Es un producto customizado en cantidad, funcionalidad y/o estética
- Producción por lotes: Manufactura de una cantidad determinada de productos con características similares.
- Producción en masa: Elaboración de grandes cantidades de bienes idénticos. Es llevado a cabo por procesos de elaboración automatizados.
- Producción continua: Se caracteriza por producir bienes de forma ininterrumpida. Es decir, es un sistema de manufactura que se mantiene trabajando permanentemente.

5.1.1.2. **Etapas del proceso productivo** Según (Quiroa, 2023) el proceso productivo sigue una serie de etapas, de las cuales las más importantes son:

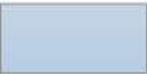
- Adquisición de materias primas: la empresa reúne todas las materias primas que serán imprescindibles para la fabricación de los productos que ofrecerá al mercado.
- Producción: Se realiza la transformación de las materias primas e insumos para ser convertidos en productos.
- Adaptación de producto: Se orienta directamente al proceso de la comercialización de los bienes y servicios.

5.1.1.3. **Diagramas de flujo**

Un diagrama de flujo o flujograma es una representación gráfica y secuencial de un proceso o flujo de trabajo con todas las tareas y actividades principales necesarias para lograr un objetivo común. Para que visualmente se pueda representar la sucesión de tareas y la relación entre ellas se utilizan símbolos como flechas, rombos, rectángulos o prismas. (Asana, 2022)

Figura 2

Simbología del diagrama de flujo

| Símbolo | Nombre | Función |
|--|------------------|--|
|  | Inicio / Final | Representa el inicio y el final de un proceso |
|  | Línea de Flujo | Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción. |
|  | Entrada / Salida | Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida |
|  | Proceso | Representa cualquier tipo de operación |
|  | Decisión | Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso |

Nota: Significado de los diferentes elementos que conforman un diagrama de flujo, SmartDraw (2023).

5.1.2. Metodología de trabajo

La forma en la que se trabaja dentro de una empresa es indispensable para conseguir los objetivos y tener consistencia en las diferentes áreas que la conforman, por ende:

La metodología de trabajo es una herramienta muy potente para definir la pautas y procedimientos de la empresa. Está comprobado, que una metodología de trabajo ayuda a optimizar los recursos de la empresa, mejora la calidad del trabajo, reduce los riesgos de los proyectos, establece prioridades, etc. (Kiligann, 2022)

5.1.3. Proceso de armado de un pantalón

El proceso de armado de un pantalón consiste en:

Colocar el patrón del pantalón sobre una serie de capas de tela vaquera superpuestas, con lo que conseguimos realizar el corte exacto de cada pieza para después hacer el montaje de la prenda completa en el taller, con los botones, remaches y demás detalles de cada prenda. (Denim, 2022)

Para llegar al proceso de armado se debe primero tener los cortes del pantalón, por lo que “el corte y el cosido se encuentran vinculados, ya que son actividades indispensables para la creación de prendas, en la cual se involucran una serie de actividades de confección, se las puede realizar a mano o a máquina” (Mogrovejo, 2017).

El proceso de armado requiere de gran concentración y esfuerzo por parte de los operarios para evitar fallos en la producción y pérdidas para la empresa, por ende “es indispensable que se midan correctamente los tallajes a fin de evitar posibles equivocaciones al momento de realizar el cosido de la prenda. Es indispensable realizar esta etapa, pues con ello se evitan posibles errores de corte o cosido” (Suntaxi, 2012).

5.1.4. Layout

También conocido como distribución de planta, es un esquema de representación que indica la disposición de los elementos de la planta, es decir, las máquinas, las estaciones de trabajo, las áreas de almacenamiento, los pasillos y los espacios comunes que se compone una instalación productiva. (El Nuevo empresario, 2023)

Por ende, “el diseño correcto de un layout ayuda a las empresas a optimizar el espacio, a reducir los costos de almacenaje, incrementar la seguridad y mejorar el servicio al cliente” (Romero, 2022). Sin embargo, es importante tener en cuenta que “el layout es apenas el paso previo a desarrollar de manera definitiva los espacios que se construirán” (higo, 2022).

5.1.5. Análisis de fallos

“El análisis de fallos es un proceso sistemático que se utiliza para deducir por qué ha fallado un producto, componente o proceso” (Industrial Consulting, 2022). Mediante su aplicación, la empresa obtendrá valiosa información, ya que “una pronta detección y el correcto diagnóstico de la falla, o fallas, facilitará la toma de decisiones que permitan tomar acciones correctivas para reparar los componentes dañados” (Guillén, 2005).

Para realizar un análisis de fallos existen varias metodologías que según (Lameirinhas, 2023)

cada método de análisis tendrá una funcionalidad mejor de acuerdo con la situación que se aplique. Por lo tanto, el profesional que está en este proceso de análisis debe saber seleccionar esas herramientas y debe saber combinarlas para llegar a una conclusión y poder proponer una solución con mayor eficiencia y a un menor costo. (Lameirinhas, 2023)

Según (Lameirinhas, 2023) existen 5 herramientas fundamentales para la detección de fallos, las cuales son:

- Los 5 porqués: Consiste en una serie de preguntas que contribuyen a entender la raíz del problema.
- Diagrama de Ishikawa (Espina de pescado): Es una herramienta gráfica usada para identificar posibles causas del problema y a cuál categoría de variaciones en el proceso representa la mayor fuente de variabilidad en la salida.
- Árbol lógico de fallas: Es una manera organizada y lógica de correlacionar los fallos y las causas.
- Diagrama de Pareto: Es una representación gráfica de los problemas del proceso en la orden de clasificación, de lo que es más frecuente entre lo que es menos frecuente. En casi todos los casos, 80% del total de los problemas ocurridos son causados por el 20% de las causas del problema.
- Diagnóstico IA: Es un modelo basado en internet e inteligencia artificial que hace posible monitorizar aspectos básicos y complejos de los activos de la empresa.

5.1.6. Tiempo de ciclo y Takt Time

5.1.6.1. Tiempo de ciclo

“El tiempo de ciclo o cycle time describe cuánto tiempo toma completar una tarea específica desde el comienzo hasta el final” (Cruz, 2016). Además, “el cycle time mide la eficiencia del proceso de desarrollo de software y es un buen indicador de la capacidad del equipo para entregar valor a los usuarios. Ayuda a identificar cuellos de botella, favoreciendo una mayor velocidad y fluidez” (Sentrío, 2022).

5.1.6.2. Takt Time

“Proviene del término alemán taktzeit y representa el tiempo en el que se debe completar un producto para cumplir con la demanda del cliente” (Sejzer, 2016). Mediante su aplicación “el takt time tiene tres aplicaciones prácticas fundamentales: conocer la capacidad de las máquinas, equilibrar las actividades y facilitar un flujo producción continuo y consistente. Y lo más importante permite a la empresa establecer objetivos reales de producción” (ACMP, 2016).

5.1.7. Capacidad de Producción

“La capacidad de producción es la capacidad que tiene una unidad productiva para producir su máximo nivel de bienes o servicios con una serie de recursos disponibles. Para su cálculo, tomamos de referencia un periodo de tiempo determinado” (Coll, 2020a). De igual forma, para (Betancourt, 2016a) “la capacidad es definida como el volumen de producción recibido, almacenado o producido sobre una unidad de tiempo, siendo producción el bien que produce la empresa, ya sea intangible o no”.

Por otro lado, “una demanda superior a la capacidad implica pérdida de clientes y competitividad, y una capacidad superior a la demanda conlleva altos costos de producción o funcionamiento” (Betancourt, 2016a). Por ende, es importante realizar una planificación de la capacidad, ya que según (Laoyan, 2023) “conocer los requisitos de capacidad para diferentes proyectos puede ayudarte a prevenir cuellos de botella y mantener la cadena de suministro en funcionamiento”.

5.1.7.1. Tipos de capacidad

- Capacidad Instalada: “Es el potencial de producción o volumen máximo de producción que una empresa puede lograr durante un período de tiempo determinado, teniendo en cuenta todos los recursos que tienen disponibles, sea los equipos de producción, instalaciones, recursos humanos, tecnología, experiencia/conocimientos” (Jara, 2015).
- Capacidad Teórica: “Es la producción máxima que un departamento o fábrica es capaz de producir, sin considerar la falta de pedidos de venta o interrupciones en la producción debido a paros en el trabajo” (Rodríguez, 2020).
- Capacidad Real: “Es la capacidad que espera conseguir una empresa teniendo en cuenta sus actuales limitaciones operativas” (Capital Praxis, 2018).

5.2. Plan de producción

5.2.1. Pronósticos de la demanda

“Pronosticar es el arte y la ciencia de predecir los eventos futuros. Puede implicar el empleo de datos históricos y su proyección hacia el futuro mediante algún tipo de modelo matemático. Puede ser una predicción y cuantitativa” (Heizer y Render, 2009a).

“El análisis de demanda es una investigación que se realiza para entender la forma en que los clientes precisan un servicio o producto. Se recopila información sobre el comportamiento de los consumidores para estimar la demanda a futuro” (Zendesk, 2023). A partir de este análisis, las empresas tienen más información para una mejor toma de decisiones, de igual forma

Los pronósticos de la demanda son proyecciones de productos o servicios de una compañía. Estos pronósticos, también llamados pronósticos de ventas, orientan la producción, la capacidad, los sistemas de programación de la empresa, y sirven como entradas en la planeación financiera, de marketing y de personal. (Heizer y Render, 2009a)

Al realizar pronósticos en la demanda, las empresas tienen más información para poder realizar planificaciones a futuro, de tal forma que:

Una previsión adecuada de la demanda proporciona a las organizaciones una valiosa información sobre sus perspectivas en sus mercados actuales y en otros, lo que permite a los directivos tomar decisiones informadas sobre precios, planes de crecimiento empresarial y potencial de mercado. (Freepik, 2022)

Existen varios métodos para realizar pronósticos como lo indica la figura 3

Figura 3

Métodos de pronósticos de demanda



Nota: Clasificación de los métodos de pronósticos, Salazar (2019a).

5.2.1.1. Método de Suavizamiento Exponencial Simple

“El método de suavización exponencial utiliza los promedios históricos de una variable en un período para intentar predecir su comportamiento futuro, suavizando la serie temporal y reduciendo las fluctuaciones, siendo muy utilizado, sobre todo en previsión de ventas” (López, 2022). La aplicación del método consiste en que “cada vez que se calcula el pronóstico, se remueve la observación anterior y es reemplazada por la demanda más reciente, y aquí es donde radica la ventaja” (Betancourt, 2016b).

El método de suavizamiento exponencial se utiliza cuando no existe una gran cantidad de datos históricos de demanda, siendo más beneficioso su uso en estos casos sobre los métodos de medias móviles y su uso tiene varias ventajas como:

- No requiere de grandes cantidades de datos históricos.
- Es un modelo exponencial, por lo que es más preciso.
- Puede ser utilizado tanto por pequeñas y grandes empresas.

El método de suavizamiento exponencial sigue la siguiente fórmula:

Figura 4

Fórmula del método de suavizamiento exponencial simple

$$F_t = \underbrace{F_{t-1}}_{\text{Pronóstico del período anterior}} + \alpha \underbrace{(A_{t-1} - F_{t-1})}_{\text{Error del pronóstico del período anterior}}$$

Nota: La figura 4 indica la fórmula del método de suavizamiento exponencial, GEO Tutoriales (2017). Siendo alpha la constante de suavizamiento comprendida entre 0 y 1.

5.2.1.2. Método de Suavizamiento Exponencial Simple con Tendencia Ajustada

Según (Betancourt, 2016c) nos explica que el método:

A nivel metodológico, primero calculamos el pronóstico suavizado. Paso siguiente es determinar la tendencia suavizada, para finalmente calcular el pronóstico con ajuste a la tendencia, el cual es el resultado final de nuestro método. Requiere de dos constantes de suavización: alfa (α) y beta (β).

Para el desarrollo del método se utiliza la siguiente ecuación:

Figura 5

Fórmula del método de suavizamiento con tendencia ajustada

$$F_t = \alpha(A_{t-1}) + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$$
$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

Nota: Se observa que la ecuación es similar al suavizamiento exponencial simple, pero con la diferencia que en este caso se añade un término para considerar la tendencia, Mata (2011).

5.2.1.3. Medidas comunes de error en los pronósticos

- MAD: “mide el tamaño del error en unidades. Es calculada como el promedio de los errores sin signo” (Pronóstico experto, 2019).

- MSE: Es la media del error al cuadrado.
- MAPE: “Mide el tamaño del error absoluto en términos porcentuales” (Serna, 2020).

5.2.2. Tamaño de Lote

“Cuando tenemos una demanda conocida, pero variable (dinámica), surge la pregunta de cuánto voy a ordenar (o cuánto voy a producir) de determinado artículo, en otras palabras, ¿cuál es el tamaño del lote?” (Betancourt, 2017).

Para calcular el tamaño de lote de producción se puede utilizar una regla simple, que utiliza una sola variable, o reglas heurísticas. El método a elegir dependerá del producto que se fabrique, de las dimensiones de la compañía y, sobre todo, de las características de la demanda (Grupo Control, 2022)

Entre los principales métodos tenemos:

- Lote a Lote (LxL)
- Cantidad Económica de Pedido (EOQ)
- Cantidad Periódica de Pedido (POQ)

5.2.2.1. Método lote a lote

“Es la técnica más simple y consiste en hacer los pedidos iguales a las necesidades netas de cada período, minimizando así los costos de mantener el inventario”(Estrada y Marín, 2023). Este método es ideal cuando no se quiere generar excedentes y exceso de inventario, produciendo tan solo lo que se necesita para satisfacer la demanda. Además, (Celestino, 2014) nos indica las siguientes características de este modelo:

- Producir exactamente lo necesario sin tener que trasladar inventario a períodos futuros.
- Minimizar al máximo los costos de mantenimiento.
- Desprecia los costos y restricciones de capacidad de ordenar.

5.2.3. Plan Agregado de Producción

“La programación agregada busca determinar la cantidad y los tiempos de producción necesarios para el futuro intermedio, a menudo con un adelanto de 3 a 18 meses” (Heizer y Render, 2009b). La planeación agregada es muy importante en temas de planificación, ya que brinda a la empresa información acerca de la cantidad de recursos que necesitará para cumplir con la demanda esperada. “Este método considera la combinación de una serie de variables como la producción proyectada, el empleo, el abastecimiento, la subcontratación, entre otros. Su objetivo es hacer que coincidan la demanda y la oferta utilizando la mencionada combinación de variables” (Esan, 2016).

Las principales estrategias de la planeación agregada son:

- Estrategia de nivelado: Mantiene el ritmo y fuerza de trabajo constante.
- Estrategia de persecución: Busca ajustarla demanda con la producción cambiando la fuerza de trabajo.
- Estrategia de Mixta- Costo mínimo: “Mezcla la estrategia de nivelación y de persecución, lo que resulta útil cuando los costos de adquirir capacidad son bajos y los de mantenimiento de inventario elevados” (EALDE, 2020).

5.2.4. Plan maestro de producción

Un plan maestro de producción es un paso importante para una empresa antes de comenzar a producir, ya que según (Culture, 2022) permite responder a las interrogantes de ¿Cuánto producir? Y ¿En qué momento producir?; de tal manera que:

Permite a los fabricantes determinar qué cantidad de producto que deben producir y cuándo deben hacerlo. Esto facilita la gestión de las operaciones y crea un equilibrio entre las operaciones reales, el uso de los equipos y la demanda. Esto también facilita a los gestores la planificación segura de todo el proceso.

Tener un buen plan maestro de producción según (Equipo Ekon, 2022) tiene los siguientes beneficios:

- Optimiza la producción
- Previene y reduce pérdidas
- Mejor toma de decisiones

Para realizar un correcto plan maestro de producción,(Bind ERP, 2023) recomienda disponer de la siguiente información:

- Capacidad Productiva
- Pronóstico de la demanda
- Costo de producción
- Costo de inventario
- Tiempos de producción
- Tamaños de lote

Por ende “el plan maestro de producción es una herramienta de planificación que define la cantidad de un producto que debe fabricarse en diferentes períodos. Este sencillo programa puede utilizarse como base para la planificación y programación posterior de la empresa” (Lauri, 2022). Es importante aclarar que este no se centra en los detalles de materiales, sino más bien, se enfoca en equilibrar la oferta y demanda, tomando en cuenta lo que ventas pronostica y las cantidades que se pueden fabricar.

5.2.5. Costos de Producción

“El costo de producción es el gasto total que una empresa debe asumir para elaborar un producto o servicio. Estos costes asociados son: materia prima, mano de obra y cargos indirectos” (Chavez, 2023a). Para realizar el cálculo de producción, se tienen los siguientes elementos:

- Materiales directos: “Es el recurso principal para la producción de bien. Constituye el “ingrediente principal” de todo proceso de manufactura. Por ejemplo: madera, hierro, lana, seda, petróleo, etc” (Chavez, 2023a).
- Mano de obra directa: “Se refiere a los trabajos que transforman la materia prima en productos terminados. Es decir, es el personal encargado en producir bienes terminados” (Chavez, 2023b).
- Costos indirectos de producción: “Son aquellos elementos que participan en el proceso de elaboración, pero no de forma directa, y que generan igualmente un coste. Por ejemplo: alquiler de un inmueble, suministro de energía eléctrica, mantenimiento de maquinaria, limpieza diaria, etc” (Chavez, 2023a).

La importancia de conocer el costo de producción, radica en que las empresas pueden llegar a tomar decisiones más acertadas y más apegadas a la realidad de la organización. Por ende, “el costo de producción nos permite comparar los resultados del trabajo entre diferentes empresas, brigadas, uniones, provincias y zonas, y forma de encontrar vías para la utilización óptima de los recursos productivos” (Faxas del Toro, 2011).

5.3. Análisis comparativo del plan de producción

A fin de desarrollar un análisis comparativo entre el plan de producción con la capacidad de la planta en relación a los minutos que está disponible para trabajar, se consideró los siguientes conceptos:

5.3.1. Planificación de la capacidad

La planificación de la capacidad es el proceso de identificar el número de horas que requerirá un proyecto o una tarea, determinar si el equipo tiene la capacidad necesaria para completarla o no y, después, coordinar ese trabajo para lograr la máxima eficiencia. (Atlassian, 2023)

Según (Betancourt, 2016a) La planificación de la capacidad se la puede hacer a:

- Corto plazo: Diario o semanal, horas extras, transferencia de personal o transporte de producto
- Mediano plazo: De 6 a 18 meses, contratación y despido del personal, adquisición de equipos y subcontratación.
- Largo plazo: Cambios estructurales con gran inversión

5.3.2. Productividad

La productividad mide la relación de salidas sobre entradas, “es una medida económica que calcula cuántos bienes y servicios se han producido por cada factor utilizado (trabajador, capital, tiempo, tierra, etc) durante un periodo determinado” (Coll, 2020b). Es importante conocer la productividad, ya que “permite a las empresas detectar áreas de mejora, plantear nuevas estrategias o tomar decisiones sin improvisar” (bizneo, 2023).

Estudiar la productividad y tratar de incrementarla, otorga a las empresas u organizaciones muchos beneficios, tal como (work meter, 2023) nos indica:

- Incrementa de la rentabilidad.
- Disminuye los costos operacionales.
- Optimiza los recursos.
- Mejora el servicio al cliente.
- Reduce los residuos medioambientales.
- Mejora la competitividad

5.3.2.1. **Medidas de productividad**

- Medida Parcial: Mide la relación del producto, sobre las horas de trabajo, el capital, los materiales o energía.
- Medida Multifactorial: “Es la relación de las salidas totales a un subconjunto de entradas” (work meter, 2023).
- Medida Total: Es una medida que relaciona los bienes o servicios producidos, sobre todos los recursos utilizados.

Productividad Global:

Es un indicador que mide “la relación que existe entre los beneficios que se obtienen a partir de las ventas de los productos o servicios de una empresa y los recursos que se han destinado a la producción de los mismos” (Equipo Ekon, 2021). Se refiere al retorno de inversión que tiene la empresa por cada producto y los recursos que utiliza.

6. Marco metodológico

6.1. Metodología de la Investigación

A continuación se presenta el enfoque, el tipo y el alcance del método investigativo con el que se desarrolló la presente investigación.

▪ **Enfoque de la Investigación**

La presente propuesta tuvo un enfoque cuantitativo, debido a que se manejó datos de la demanda para el proceso del armado de jeans.

- **Tipo de la Investigación**

El estudio es de tipo aplicada a un taller dedicado al armado de pantalones y de carácter transversal, ya que el estudio se realizó entre los años 2022 y 2023.

- **Alcance de la Investigación**

El alcance del proyecto fue descriptivo debido a que se aplicó conceptos teóricos referentes a un programa de producción.

6.2. Metodología del proceso

La metodología utilizada para el cumplimiento de los objetivos específicos consistió en 3 etapas. En la primera se realizó un levantamiento de información para conocer la planta y un diagnóstico de los procesos. La segunda consistió en una propuesta del plan de producción, y en la tercera se analizó el plan maestro de producción propuesto con la capacidad de la planta. La figura 6 presenta una estructura de las diferentes etapas y los temas que se desarrollaron.

Figura 6

Metodología del proceso

| Metodología del proceso | | |
|-------------------------|---|---|
| Etapas | Objetivos | Temas |
| 1 | Diagnosticar la situación actual de la planta | Levantamiento de información: Producto Método de trabajo Materia Prima Mano de obra Maquinaria y equipos Demanda Procesos Tiempos de procesamiento Capacidad de Producción |
| 2 | Proponer el plan de producción | Análisis de la demanda Plan agregado de producción Tamaño de Lote Plan maestro de producción |
| 3 | Analizar de forma comparativa el plan de producción con la capacidad de la planta | Comparación entre la capacidad y el plan maestro de producción Costos directos de fabricación Productividad |

Nota: Temas que se consideraron en el estudio para el cumplimiento de los objetivos planteados. Elaborado por: El autor (2023).

6.2.1. Diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa.

En esta etapa se analizó la situación actual de la empresa para realizar una propuesta acorde al contexto de la organización. Para ello se procedió a levantar información que permita conocer a profundidad sus procesos y realizar un diagnóstico fiel al proceso productivo actual.

Recopilación de información:

■ **Producto**

Mediante la inspección visual al proceso productivo y el levantamiento de información, se determinó que dentro de la planta se realiza únicamente el armado de pantalones, estos pueden ser de: tela jean, o tela normal, para hombre o mujer y pueden variar en su forma o tamaño.

- **Método de trabajo**

Con el responsable del taller se determinó que el método de armado de un pantalón es el mismo para todos, sin embargo, en ciertas ocasiones existen pequeñas variaciones dentro del proceso, que generalmente es el uso de una máquina en lugar de otra, no obstante, estos cambios no alteran la base del método de trabajo que sigue la planta para el armado del pantalón, de modo que estos cambios, usualmente solo se hacen de acuerdo a las especificaciones del cliente, tal como suele suceder cuando se exige un cambio de puntada.

- **Materia Prima**

Mediante una inspección visual se determinó que el único insumo que se utiliza para el proceso de armado de los pantalones es hilo, el cual se encuentra en tubos de tres tamaños diferentes: 20-2; 20-3; y 40-2; y el color que se usa depende del tono de pantalón o de lo que solicite el cliente, siendo el dorado, negro y blanco los más utilizados.

Como parte de la materia prima se puede considerar los cortes del pantalón que entregan los clientes al taller para su respectivo proceso de armado. Los cortes entregados pertenecen a la parte delantera, trasera y bolsillos.

- **Mano de obra**

Para realizar una correcta planificación del trabajo, se identificó datos sobre: formación, experiencia, edad, sexo, destrezas y otros. Información que sirvió para el planteamiento de la propuesta ligada a la actividad de armado en las diferentes máquinas.

- **Maquinaria y equipos**

Se identificó el número de máquinas de coser industriales existentes para el armado y sus características técnicas.

- **Demanda**

Con la finalidad de plantear o sugerir algún modelo de pronóstico basados en la demanda de trabajo para el armado de los pantalones, se buscó y se examinó las órdenes de trabajo archivadas desde el año 2022 y hasta la fecha actual del 2023.

- **Procesos**

Para conocer la planta y su proceso productivo, se utilizó varias herramientas para el levantamiento de datos, las cuales proporcionaron importante información que ayudó a:

- comprender como se genera el producto.
- conocer las causas y consecuencias que ocasiona a la planta no tener una planificación.
- tiempos de procesamiento.
- capacidad de producción.

- **Diagramas de flujo**

Mediante una inspección visual al proceso productivo, se identificaron los pasos que sigue el taller para el armado de un pantalón. A partir de esto, se realizaron tres diagramas de flujo, para representar los procesos de:

- armado de la delantera
- armado de la trasera
- unión de la delantera con la trasera.

- **Layout de la planta**

Para realizar el layout de la empresa se tomó las medidas en metros de la planta con un flexómetro, y se las representó por medio del programa AutoCad, la cual nos ayudó a conocer como están distribuidas las máquinas dentro de la planta, y los recorridos que hace el personal durante el proceso de armado.

- **Análisis de problemas**

Con el responsable del taller se armó un árbol de fallos, en donde se verificó y representó los principales problemas que tiene la empresa debido a su falta de planificación. De igual forma, se utilizó el diagrama de Ishikawa para identificar las causas de los problemas que aquejan al taller.

- **Tiempos de procesamiento**

Para la toma de tiempos se utilizó un cronómetro con el que se determinó el tiempo que tarda un operario en realizar las diferentes actividades que conforman el proceso de armado del pantalón. A partir de esto, se realizó el estudio de tiempos con el que se determinó el tiempo de ciclo del producto, obteniendo los resultados presentados en la figura 32. Para ello, se consideraron los siguientes factores:

- Una tabla de valoraciones mostrada en la figura 61.
- El número de observaciones utilizando la siguiente ecuación:

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

En donde:

n' = tamaño de la muestra inicial

x = observaciones

- o El porcentaje de suplementos (19%), establecido según los valores que se presenta en la figura 62, considerando los suplementos de: los descansos ocasionados por la fatiga, las necesidades personales, tales como: llamadas, uso del baño, etc, sonidos intermitentes, trabajo muy monótono, y trabajo aburrido, tal como se muestra en la figura 63.

Por otro lado, el takt time se realizó teniendo en cuenta la demanda por cliente, las horas de trabajo, el tiempo improductivo, la disponibilidad de la maquinaria y un porcentaje de productos defectuosos, tal como se observa en el Anexo A, figura 70, basándose en las siguientes ecuaciones:

$$Takt\ time = \frac{tiempo\ neto\ disponible}{demanda\ diaria}$$

En donde:

$$Tiempo\ neto\ disponible = (minutos\ por\ día - minutos\ no\ productivos) * disp.maquinaria$$

$$Demanda\ diaria = \frac{demanda\ mensual + (productos\ defectuosos * demanda\ mensual)}{días\ laborales}$$

• Capacidad de Producción

A fin de conocer las cantidades que cada operario puede producir y la eficiencia de producción, se procedió a calcular la capacidad productiva. Para ello se hizo un levantamiento de información y con el tiempo estándar calculado anteriormente, se determinó las diferentes medidas de capacidad, tanto instalada, teórica, y real, tal como se indica a continuación:

- o Capacidad Instalada:

$$C.I = (Días de trabajo * horas de turno * número de operarios * 60 minutos) * máximo de turnos(3) \quad (1)$$

o Capacidad Teórica:

$$C.T = (Días de trabajo * horas de turno * número de operarios * 60 minutos) * número de turnos(1) \quad (2)$$

o Capacidad Real:

$$C.R = (Días de trabajo * horas de turno * número de operarios * 60 minutos * número de turnos(1)) - (ausent. + impro.) \quad (3)$$

6.2.2. Propuesta de un plan de producción en base al diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa.

En esta etapa se desarrolló la planificación de la producción. Para ello se realizó el análisis de la demanda, el plan agregado, y el plan maestro de producción, herramientas con las cuales se consiguió conocer las cantidades necesarias a producir para el último trimestre del año 2023.

6.2.2.1. Análisis de la demanda

Para realizar un pronóstico de la demanda se utilizaron los métodos de suavizamiento exponencial simple, y el de tendencia ajustada, siendo el primero el que menor porcentaje de error proporcionó, tal como se indica en la tabla 3. Además, para el cálculo de la constante de suavización, se utilizó la herramienta Solver perteneciente al Excel, con la cual se encontró el valor que genera menor error. A partir de esto, se logró conocer el comportamiento de la demanda y se pudo obtener un pronóstico mensual, siendo los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2023, en los que se realizará la propuesta del plan maestro de producción.

6.2.2.2. Plan Agregado de Producción

Para el desarrollo del plan agregado se consideró el método de persecución con inventarios cero, ya que además de ser el que menor costo genera al taller en comparación a los demás métodos de planeación, tal como se indica en la figura 36; es el que más se apega a la forma de trabajo actual que tiene la planta, puesto que este no genera gastos de inventarios. Por ende, para el desarrollo del método los datos de partida se presentan en la figura 37, los cuales fueron obtenidos del análisis de trabajo y de la capacidad realizados anteriormente, luego se considera los pronósticos de la demanda para los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2023. Finalmente, se procedió a calcular el plan agregado de producción, en donde se identificó los recursos de mano de obra necesarios para cumplir con los objetivos y las necesidades de la empresa.

6.2.2.3. **Tamaño de Lote**

El tamaño de lote que se utilizó para el plan maestro de producción se definió mediante la metodología de lote a lote. La razón por la que se escogió este método fue porque actualmente la planta no maneja inventarios, puesto que cuando la orden de trabajo se completa, inmediatamente la fábrica correspondiente retira su pedido. Además, al ser una empresa auxiliar, la planta solo puede realizar la cantidad de prendas de acuerdo a la cantidad de cortes que le lleguen, por ende, el taller no genera costos de inventario.

6.2.2.4. **Plan Maestro de Producción**

Para conocer las cantidades propicias a producir durante el último trimestre del año 2023, se desarrolló el plan maestro de producción, en el cual se consideraron los siguientes aspectos:

- Pronósticos de la demanda.
- Histórico de pedidos.
- Tamaño del lote.

De acuerdo a esto, se determinó las cantidades necesarias a producir, con el fin de lograr cumplir con los requerimientos del mercado, y tener una visión más amplia a futuro para mejorar en la toma de decisiones, y en los tiempos de respuesta ante imprevistos que se puedan dar en ese período.

6.2.3. Análisis comparativo entre la capacidad de la planta y el plan de producción propuesto en base al diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa.

En esta etapa se realizó una comparación entre el plan maestro de producción propuesto y la capacidad de la planta, con el fin de determinar si la empresa realmente puede cumplir con las cantidades previamente calculadas. A partir de los resultados obtenidos se efectuó una simulación en una plantilla de Excel en torno a la capacidad, en donde aumentando las horas de trabajo se observa hasta cuando se puede alcanzar la capacidad máxima de producción, inclusive hasta un punto en donde sobran horas porque se ha consumido la capacidad máxima productiva, y de esta manera se creó una estrategia que permita a la empresa poder cumplir con las cantidades necesarias para el último trimestre del año 2023.

6.2.3.1. Comparación entre la capacidad y el plan maestro de producción

Capacidad de la Planta:

Para determinar los minutos que la planta dispone para producir según su eficiencia, se procedió a realizar los cálculos de las capacidades haciendo alusión a los minutos de trabajo que se pueden aprovechar, tal como se indica a continuación:

- **Capacidad Teórica:**

El cálculo se hizo multiplicando las 8 horas de trabajo por 60, para transformar las horas a minutos, luego por el número de operarios y por la eficiencia que, en este caso, se considera que el taller trabaje al 100% de su capacidad.

- **Capacidad Real:**

El método utilizado fue el mismo que el de la capacidad teórica; sin embargo, para este caso la eficiencia disminuyó a un 93%, ya que se tomó en cuenta el porcentaje de ausentismos, de reprocesos y de rotación de personal.

Total de minutos necesarios para la producción del plan maestro propuesto:

Con el fin de conocer los minutos que serán necesarios para producir las unidades planificadas, se hizo una multiplicación entre las cantidades previstas a realizar con el tiempo estándar por una unidad; determinándose así el total de minutos requeridos para cada mes, tal como se muestra en la figura 46.

Simulación de la capacidad:

Luego de determinar que con la capacidad actual el taller no dispone del tiempo suficiente para cumplir con las cantidades planificadas, se procedió a realizar una simulación en

torno de la capacidad real, tal como se muestra en el Anexo E, en donde se aumentó las horas laborales, aprovechando los días sábados, trabajando medio turno, de esta manera se ha propuesto una alternativa de trabajo resumiéndose en la figura 55.

Costos Directos de fabricación:

Para determinar los costos de producción, se efectuó un análisis en base al costo de la mano de obra directa, y la materia prima. Para lo cual se identificó el precio de los hilos utilizados para el proceso de armado de un pantalón, y el costo de la mano de obra directa, tomando en cuenta también los días sábados que trabajarán de acuerdo a lo planificado anteriormente en la simulación de la capacidad real del taller.

Productividad:

A modo de comprobar si la planificación de la producción propuesta mejorará el rendimiento del taller respecto a años anteriores, se utilizó el método multifactorial para comparar la productividad de los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2022, con los del año 2023, tal como se muestra en el Anexo F, resumiéndose en la figura 60.

7. Resultados

7.1. Diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa.

- **Materia Prima:**

Hilos:

Para el proceso de armado de pantalones se ocupan los hilos: 20-3, siendo este el de mayor grosor y se utiliza para coser por fuera. El 20-2 es un poco más fino, se ocupa para las partes que van por dentro, mientras que el 40-2 es el más fino de todos y se usa en la máquina overlock.

Figura 7

Hilos utilizados en el proceso de armado de un pantalón



Nota: Tamaño de los diferentes hilos que se usan para armar un pantalón. Elaborado por: El Autor (2023).

Por otro lado, los cortes para armar el pantalón vienen divididos en tres secciones:

- Parte delantera: Para armar la parte posterior se cuenta con 6 cortes, los cuales se muestran en la figura 8, con las que se trabaja de la siguiente manera: primero se pega el relojero a la delantera, luego se une el falso, contra falso en el forro del pantalón, y finalmente se coloca la cartera y el mandil en donde va el cierre, para luego cerrar las dos partes de la delantera.

Figura 8

Partes para armar la delantera



Nota: Se puede observar las partes con los nombres que maneja el taller para el armado de la parte delantera. Elaborado por: El Autor (2023).

- Parte trasera: Para su armado se cuenta con 3 cortes: los bolsillos que van sobre la trasera, y la ventaja, la cual se coloca en la parte superior de la trasera.

Figura 9

Partes para armar la trasera



Nota: La figura muestra las partes con los nombres que maneja el taller para el proceso de armado de la trasera. Elaborado por: El Autor (2023).

- Pretina: Es un corte que se utiliza luego de que se une la parte trasera con la delantera, ya que, es el lugar en donde se colocan los pasadores de la cintura y posteriormente donde se pone el botón.

Figura 10

Pretina



Nota: Se observa como es el corte de la pretina, y en que lugar se la coloca. Elaborado por: El Autor (2023).

- **Mano de Obra:**

Actualmente, la empresa cuenta 7 trabajadores cuya información se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 1*Información de la mano de obra.*

| Nombre | Edad | Sexo | Formación | Destrezas |
|---------------|-------------|-------------|---------------------------|--|
| Carlos Japa | 43 | Masculino | Bachiller | Conoce como utilizar todas las máquinas |
| Ruth Morocho | 41 | Femenino | Bachiller | Técnicas en el uso de las máquinas doble, doble angosta y recta |
| Andrea Sari | 29 | Femenino | Bachiller en contabilidad | Conoce como utilizar la máquina pretinadora |
| Jenny Álvarez | 34 | Femenino | Bachiller | Habilidades en el uso de de la máquina recta y overlock |
| Yolanda Mora | 45 | Femenino | Bachiller | Realiza tareas de corrección en el pantalón y conoce como utilizar la máquina overlock |
| Marisa Piedra | 51 | Femenino | Bachiller | Operario de gran experiencia, utiliza la máquina recta y pretinadora |
| Gloria Chalco | 28 | Femenino | Bachiller | Conoce como utilizar la máquina recta, overlock y cerradora. |

Nota: La tabla 1 muestra información del personal que trabaja en el taller. Elaborado por: El autor (2023).

Por otro lado, la distribución de la mano de obra por cada maquinaria se indica en la siguiente tabla:

Tabla 2

Disposición de la mano de obra.

| Máquina | Cantidad de máquinas | Cantidad de personal necesario por máquina |
|----------------|-----------------------------|---|
| Atracadora | 1 | 1 |
| Cerradora | 1 | 1 |
| Doble | 1 | 1 |
| Doble Angosta | 1 | 1 |
| Overlock | 2 | 1 |
| Pretinadora | 1 | 1 |
| Recta | 4 | 1 |
| Recubridora | 1 | 1 |
| Total | 12 | 7 |

Nota: Elaborado por: El autor (2023).

■ **Maquinaria y Equipos:**

Actualmente, el taller cuenta con 12 máquinas de coser, las cuales debido a su diferente tipo de puntada, cumplen con una función específica dentro del proceso de armado de un pantalón.

• **Máquina Atracadora:**

Figura 11

Máquina Atracadora



Nota: Posee un tipo de puntada estrecho y se utiliza para asegurar y hacer costuras de acabado en los pasadores, bolsillos, parte del cierre, y del relojero. Elaborado por: El Autor (2023).

- **Máquina Cerradora:**

Ofrece un tipo de puntada recta que recorre en línea recta a lo largo de la prenda. Posee un amplio espacio de costura, lo que le permite trabajar con materiales grandes o voluminosos.

Se utiliza para cerrar: la parte trasera con la ventaja, la parte del tiro de la entrepierna, y la parte delantera con la trasera.

Figura 12

Máquina Cerradora



Nota: Elaborado por: El Autor (2023).

- **Máquina Doble:** Es un tipo de máquina recta que tiene doble aguja, por lo cual se la utiliza cuando se quiere hacer una costura doble.

Figura 13

Máquina Doble



Nota: Elaborado por: El Autor (2023).

- **Máquina Doble Angosta:** Es similar a la máquina doble, pero esta se utiliza cuando se quiere hacer una costura doble con un ancho más angosto

Figura 14

Máquina Doble Angosta



Nota: Elaborado por: El Autor (2023).

- **Máquina Overlock:**

Se la conoce también como remalladora y se utiliza principalmente para el acabado de bordes, aunque pueden realizar diferentes trabajos debido a su versatilidad a partir de los diversos tipos de puntadas que puede realizar. Una de sus principales características es dejar una serie de hilos sobre el borde, esto para que no se deshilache el tejido.

Se utiliza en el preparado de material, los cuales serán trabajados posteriormente en los diferentes procesos de armado. Además, se usa para cerrar el costado del pantalón en el proceso de unión de la delantera con la trasera.

Figura 15

Máquina Overlock



Nota: Elaborado por: El Autor (2023).

- **Máquina Recta:**

Tiene un tipo de puntada recta de bastante precisión y consistencia. Su aplicación es muy amplia en la industria textil y dentro del taller se la utiliza para varios procesos, siendo una de las máquinas más importantes dentro del proceso productivo.

Se ocupa cuando se quiere pasar una costura. Actualmente, el taller dispone de 4 máquinas rectas.

Figura 16

Máquina Recta



Nota: Elaborado por: El Autor (2023).

- **Máquina Recubridora:**

Conocidas también como máquinas de doble cadena. Se utilizan para hacer costuras decorativas, dobladillos y acabados. Tal como su nombre indica, realizan puntadas de recubrimiento, que son un tipo de costura decorativo que cubren los bordes de la tela y otorgan un acabado más limpio. Además, debido a que pueden ajustar el ancho de su puntada, pueden realizar dobladillos o coser en bordes curvados.

Se la emplea cuando se desea tener un tipo de costura similar a la máquina overlock, y además para hacer el pespunte o la costura del costado para colocar la pretina.

Figura 17

Máquina Recubridora



Nota: Elaborado por: El Autor (2023).

- **Máquina Pretinadora:**

Posee un tipo de puntada en forma de cadena con dos hilos superiores y un hilo inferior, esta es visible en ambos lados de la tela y otorga un acabado decorativo y duradero. Su tipo de puntada permite hacer costuras funcionales y dentro del taller se la utiliza para colocar la pretina, la cual se pone luego de unir la delantera con la trasera.

Figura 18

Máquina pretinadora



Nota: Se utiliza para colocar la pretina en donde irán los pasadores de la cintura. Elaborado por: El autor (2023).

- **Cortadora de mano:** Se utiliza para emparejar el tamaño en la parte de las bastas, esto luego del proceso de unión de la delantera con la trasera.

Figura 19

Cortadora de mano



Nota: Elaborado por: El Autor (2023).

- **Plancha de mano:**

Figura 20

Plancha de mano



Nota: Se usa para dar forma al bolsillo acoplándolos a unos moldes. También se usa para planchar al final del proceso para luego empacar y entregar al cliente. Elaborado por: El Autor (2023).

- **Tijera de mano:**

La tijera de mano, al igual que una cuchilla, se utiliza para cortar los hilos sobrantes después de los procesos de armado. Los operarios la llevan en sus mandiles, o se encuentra en la mesa de trabajo.

Además, luego de que se coloca la pretina, con la tijera se abre un trozo de la tela a la altura del cierre para coger las puntas, siendo un paso importante para en procesos posteriores colocar el botón, tal como se muestra en la figura 21

Figura 21

Puntas del pantalón



Nota: Se indica la punta que se cortan con la tijera, en donde posteriormente se pondrá el botón. Elaborado por: El Autor (2023).

■ **Demanda:**

A continuación se presenta como son las órdenes de trabajo que envían las fábricas al taller.

Figura 22

Orden de trabajo Jeans Diamante

Jeans Diamante **ORDEN DE CORTE**
 N° 00003578

Código: 0.5.07-147 Marca: Yca O.P. No: 3574 B.M.P. No: B.M.P. \$
 Confeccionista: 402 Cantidad: 90 Muestra: No
 Nombre de la tela: Mofitex Color de tela: Waysa
 Fecha de corte: 08-03-2023 Fecha de entrega:

| | | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--|--|--|
| CHAQUETA | | | | | SUPER EXTRA | | | | |
| P <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> | G <input type="checkbox"/> | EG <input type="checkbox"/> | X1 <input type="checkbox"/> | 44 <input type="checkbox"/> | 46 <input type="checkbox"/> | 48 <input type="checkbox"/> | 50 <input type="checkbox"/> | 52 <input type="checkbox"/> |
| X18 <input type="checkbox"/> | 8 <input type="checkbox"/> | M <input type="checkbox"/> | L <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| NORMAL | | | | | MUJER EXTRA | | | | |
| 28 <input type="checkbox"/> | 28 <input type="checkbox"/> | 30 <input type="checkbox"/> | 32 <input type="checkbox"/> | 34 <input type="checkbox"/> | 16 <input type="checkbox"/> | 18 <input checked="" type="checkbox"/> | 20 <input checked="" type="checkbox"/> | 22 <input checked="" type="checkbox"/> | 24 <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6 <input type="checkbox"/> | 8 <input type="checkbox"/> | 10 <input type="checkbox"/> | 12 <input type="checkbox"/> | 14 <input type="checkbox"/> | | | | | |
| EXTRA | | | | | MUJER JUNIOR | | | | |
| 36 <input type="checkbox"/> | 38 <input type="checkbox"/> | 40 <input type="checkbox"/> | 42 <input type="checkbox"/> | | 3 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> | 7 <input type="checkbox"/> | 9 <input type="checkbox"/> | |

OBSERVACIONES:
 Entregado por: _____ Recibido por: _____ 2021 SI NO _____
 Manualidades: _____ 2021 SI NO _____
 Lavandería: _____ 2021 SI NO _____
 Terminado: _____ 2021 SI NO _____
 Despachado: _____ 2021 SI NO _____

NOTA: SI SU RESPUESTA ES NO POR FAVOR INDICAR CUANTOS FALTAN **HOJA DE RUTA**

Nota: En la figura 22 se indica la forma en la que la fábrica Jeans Diamante manda su orden de trabajo, siendo está, de los principales clientes.

Figura 23

Orden de trabajo Mofitex Company

Mofitex COMPANY **SALIDA DE BODEGA** N° 0006023
 Callejón Parro # 5718 y La 21ava. y La 22ava.
 ☎ 099540904 - 0967412911
 ✉ mofitex@yahoo.com
 Guayaquil - Ecuador

Cliente: Carlos Tapa Tit.: _____
 Fecha: 29/03/2021 Ciudad: _____

| CANTIDAD | DESCRIPCIÓN DEL ARTICULO |
|------------|--|
| <u>132</u> | <u>Pantalones H.T. Tapa cod # 7278</u> <u>confusiones</u> |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Recibido por: _____ Revisado por: _____ Total: _____

Nota: La figura 23 muestra la orden de trabajo de la empresa Mofitex Company.

Figura 24

Orden de trabajo León Jeans

LEÓN JEANS

CONTRATO DE CONFECCIÓN N° 0004948

TALLER: *Orlos Japa* TEL: _____
 RUC: _____
 DIRECCIÓN: _____
 NOMBRE DE LA PRENDA: _____
 CÓDIGO: _____

| COLOR: | 26 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 | 42 | TOTAL |
|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| | | | | | | | | | |
| CANTIDADES TOTALES | | | | | | | | | |

MUESTRA FÍSICA _____
 TROQUELES _____

OBSERVACIONES
 Verificar la muestra física y los indicadores de la ficha técnica antes de iniciar la confección de la producción y en caso de duda consultar con el Asesoramiento de Diseño.
 Se debe mantener una conformidad egresada a la muestra original para su comparación antes de iniciar la confección, de lo contrario cualquier error será responsabilidad exclusiva del taller.
 Completar medidas, puntadas, tensiones, espigas, etcétera, en su momento y señalar todas las piezas, revisar las flusas de tela que estén en el corte y cambiarlas, de lo contrario cuando ya se haya cortado el tela, será responsabilidad del taller.
 Revisar el material el día que llega la producción que está cortado. Caso contrario no habrá reembolso ni ajustes a los fallar los insumos.

| DESCRIPCIÓN | INSUMOS | | OBSERVACIONES |
|-----------------------|----------|----------|---------------|
| | CANTIDAD | FALTANTE | |
| Tela | | | |
| Cintas | | | |
| Cintas | | | |
| Etiquetas Preñada | | | |
| Etiquetas rotajera | | | |
| Instrucción imprimada | | | |
| Forro 28/30 | | | |
| Forro 32/34 | | | |
| Forro Extra | | | |
| Tallas 28 | | | |
| Tallas 30 | | | |
| Tallas 32 | | | |
| Tallas 34 | | | |
| Tallas 36 | | | |
| Omnis | | | |
| Botones | | | |
| Remaches | | | |
| Colgantes | | | |
| Tallo Acacia | | | |
| Fundas | | | |
| <i>Tela 18cm</i> | | | |
| <i>Tela 18cm</i> | | | |

Nota: Se muestra la demanda de la fábrica León Jeans.

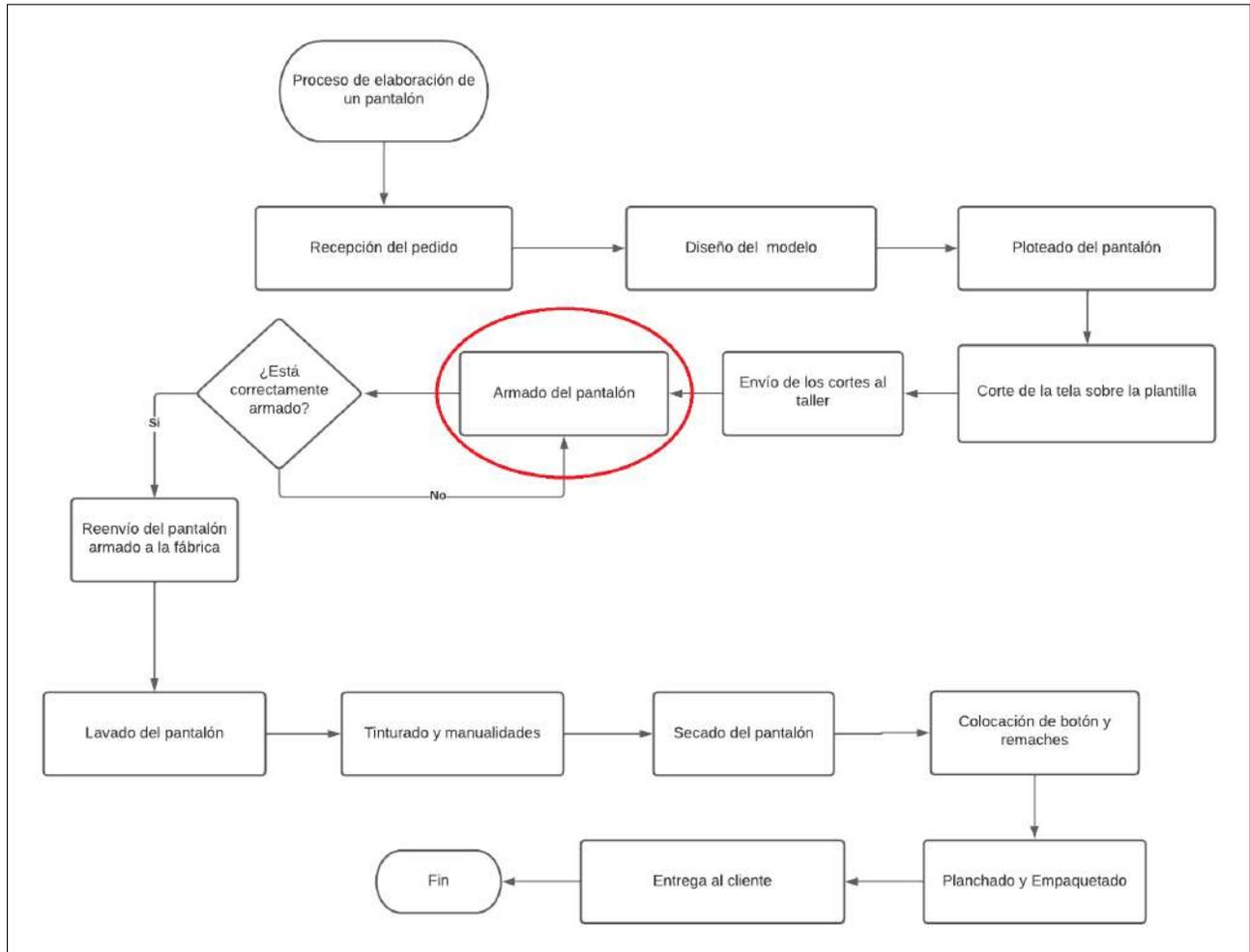
Procesos:

A continuación se presenta los diagramas de los distintos procesos para el armado y la fabricación de un pantalón.

- **Proceso completo para fabricar un pantalón:**

Figura 25

Proceso de fabricación de un pantalón



Nota: La figura 25 muestra todos los pasos para fabricar un pantalón. Además, se señala el proceso específico que realiza el taller (armado del pantalón), siendo este el lugar en donde se desarrolló el presente estudio. Elaborado por: El Autor (2023).

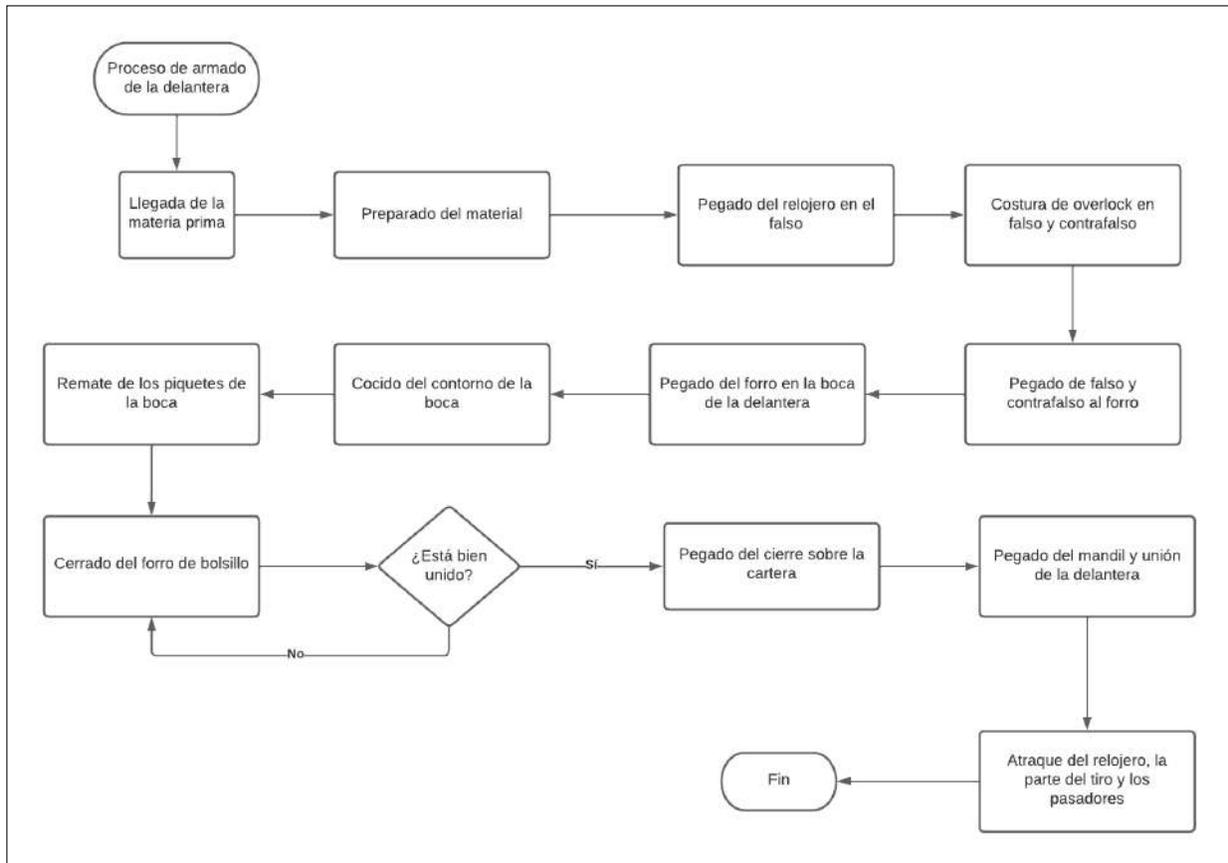
■ **Procesos para el armado de un pantalón:**

A continuación se presentan los esquemas que indican los pasos que se sigue en los diferentes procesos para el armado de un pantalón.

• **Proceso de armado de la delantera:**

Figura 26

Proceso de armado de la delantera

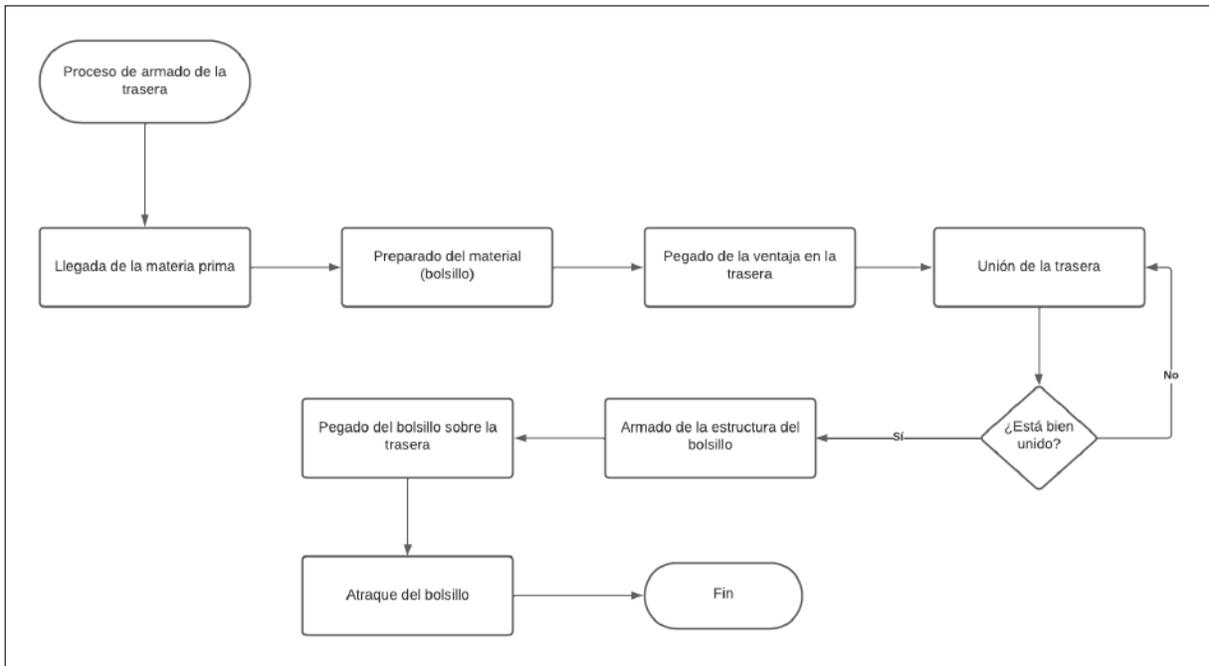


Nota: La figura 26 indica los pasos para el proceso de armado de la delantera. Elaborado por: El Autor (2023).

- **Proceso de armado de la trasera:**

Figura 27

Proceso de armado de la trasera

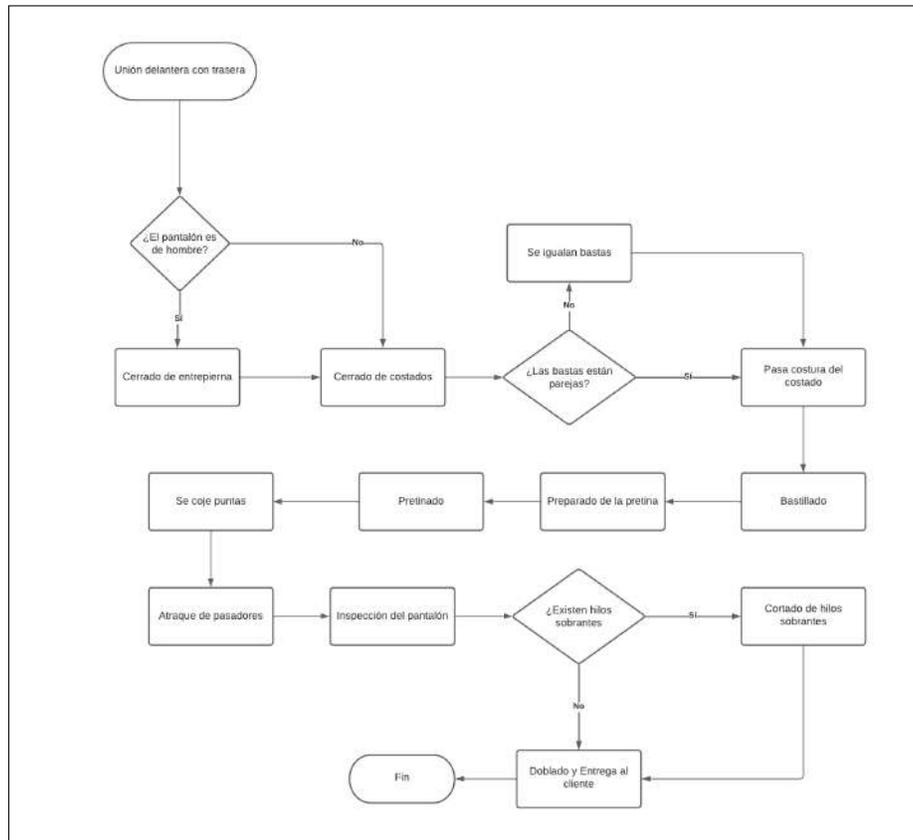


Nota: Se indica los pasos del proceso de armado de la trasera. Elaborado por: El Autor (2023).

- **Proceso de unión de la delantera con la trasera:**

Figura 28

Proceso de unión de la delantera con la trasera

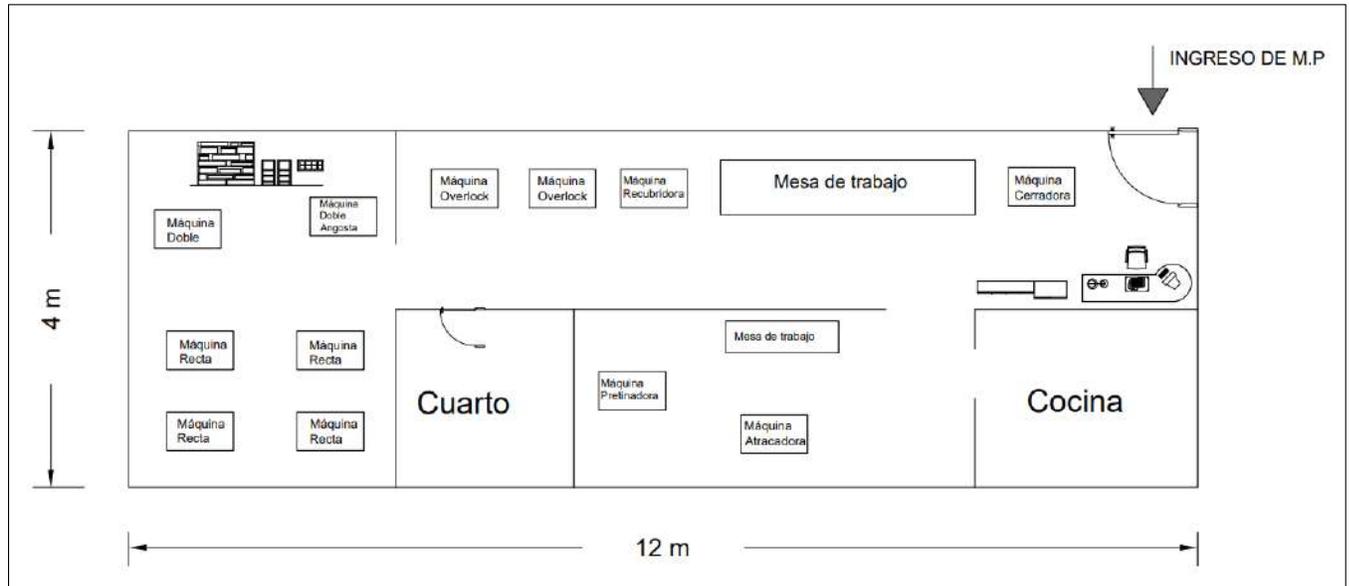


Nota: La figura 28 indica los pasos del proceso de unión de la delantera con la trasera. Elaborado por: El Autor (2023).

■ **Layout de la planta:**

Figura 29

Layout de la planta



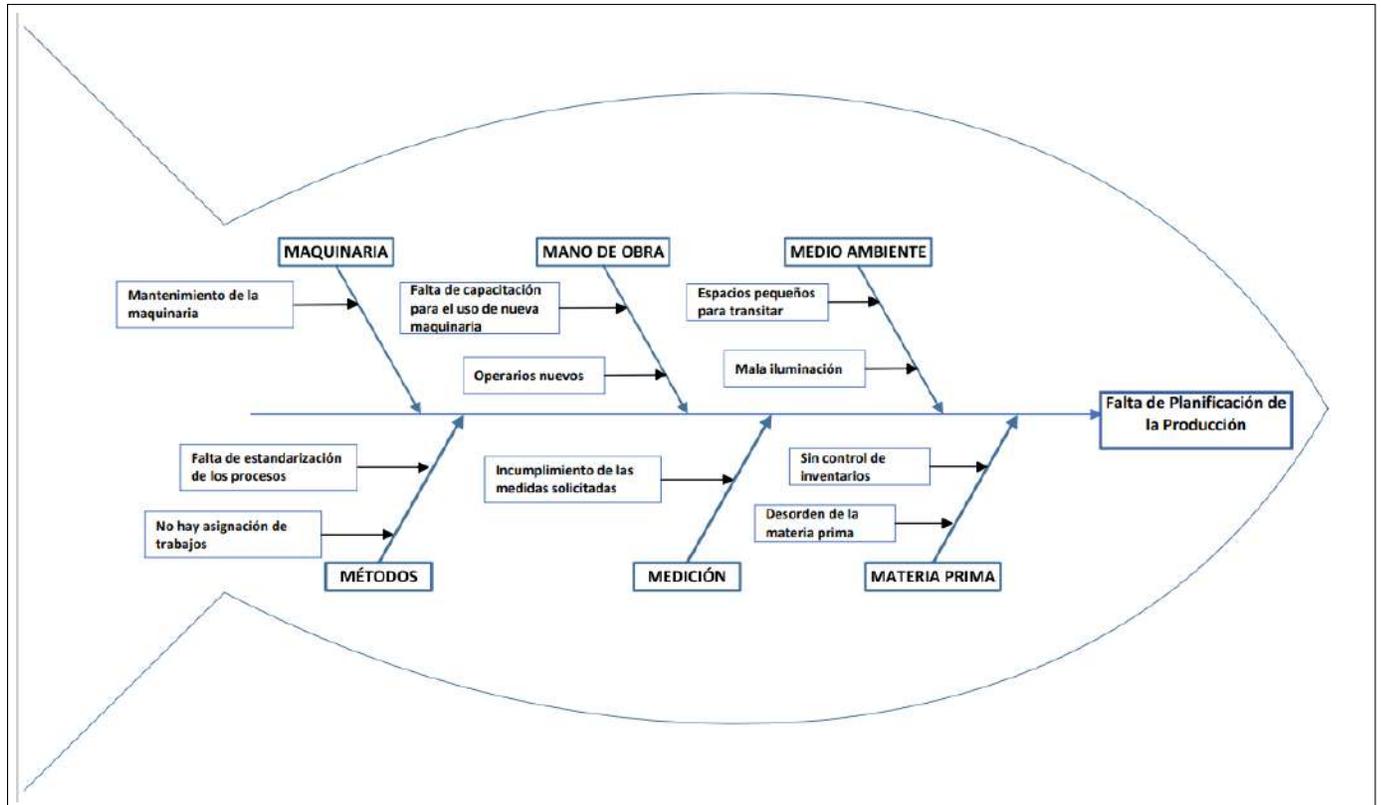
Nota: Se puede observar el diseño de la planta y la ubicación de las diferentes máquinas, en donde se ha identificado que con la distribución actual, no existe fluidez en los recorridos que hacen los operarios, ya que constantemente se trasladan de una estación a otra más lejos. Elaborado por: El Autor (2023).

- **Análisis de Problemas:** Debido a que la principal problemática tratada en el presente estudio fue la mala planificación de la producción, mediante un diagrama de Ishikawa, presentado en la figura 30 y un árbol de problemas, se constató los principales problemas que actualmente la planta presenta.

- **Diagrama de Ishikawa:**

Figura 30

Diagrama de Ishikawa

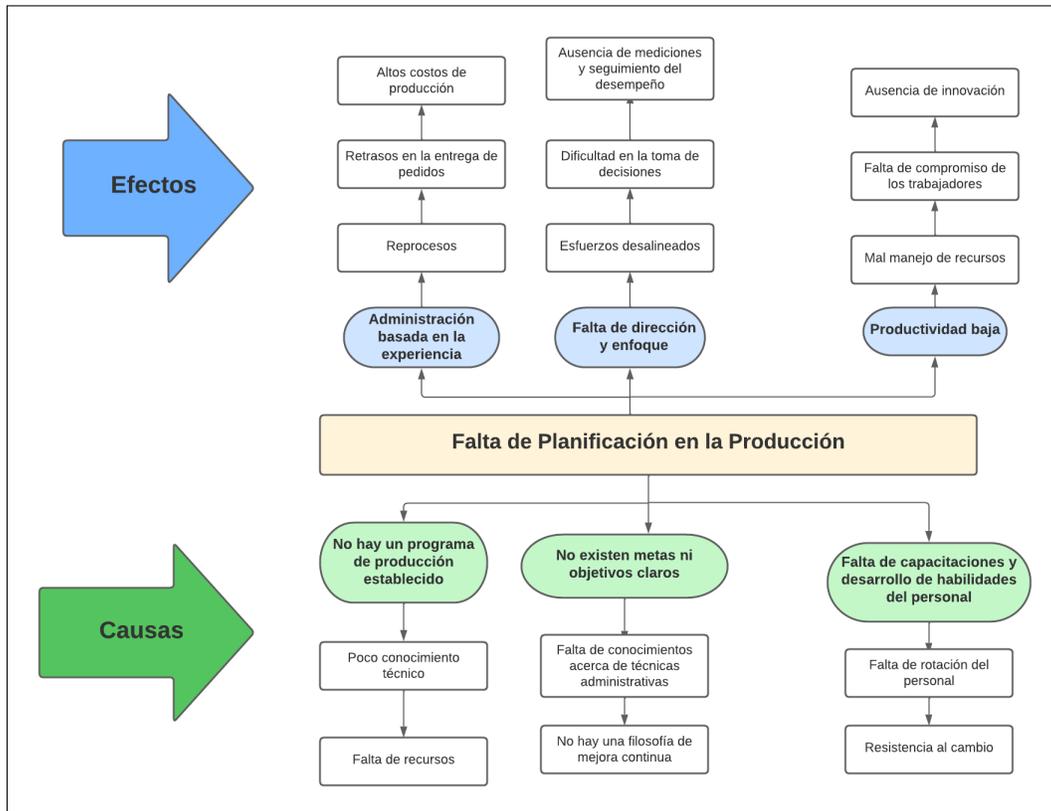


Nota: El diagrama muestra los principales problemas que presenta la empresa en relación a las 6M. Elaborado por: El Autor (2023).

- **Árbol de Fallas:**

Figura 31

Árbol de Fallas



Nota: La figura 31 muestra la relación causa-efecto de los problemas que aquejan a la empresa, en relación a una mala planificación. Elaborado por: El autor (2023).

- **Tiempos de procesamiento:**

Figura 32

Tiempo de procesamiento

| ESTUDIO DE TIEMPOS | |
|-----------------------------|-----------------------|
| Proceso | Tiempo Estándar (min) |
| Armado delantera | 7,16 |
| Armado trasera | 2,03 |
| Unión trasera con delantera | 23,27 |
| TOTAL | 32,46 |
| Takt Time | 26 minutos |

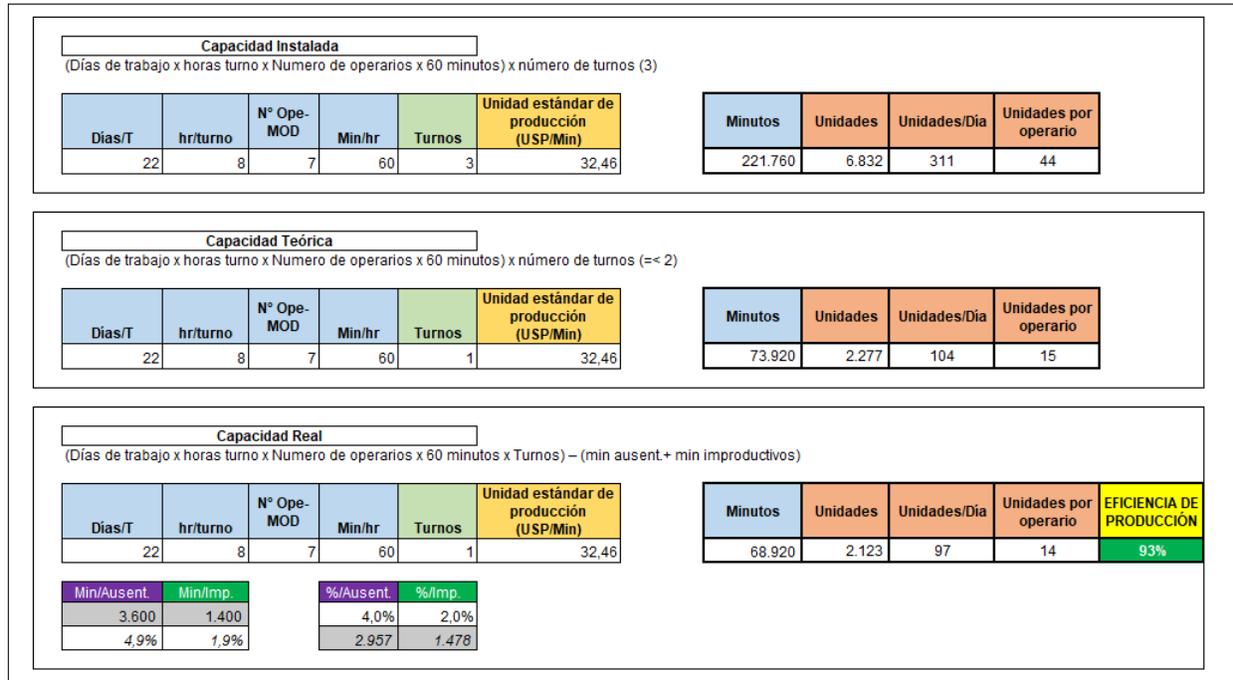
Nota: Se presenta el tiempo en el que se fabrica una unidad y de igual forma su takt time. Elaborado por: El Autor (2023).

En el Anexo A, se muestra el desarrollo completo del estudio de tiempos; mientras que en la figura 32 se puede observar que el tiempo estándar del producto está por encima del takt time, lo cual indica que actualmente la empresa tiene problemas en cumplir a tiempo con la entrega de los pedidos.

- **Capacidad Productiva**

Figura 33

Capacidad de Producción



Nota: Se presenta las diferentes medidas de capacidad calculadas. Elaborado por: El autor (2023).

En la figura 33 se observa que teóricamente el taller puede realizar 104 unidades al día; sin embargo, al considerar los minutos de ausentismo e improductivos por parte de los trabajadores, la producción real es de 97 unidades diarias, de tal manera que cada operario puede producir 14 unidades al día. De igual manera, se observa que la eficiencia de producción es del 93%.

7.2. Propuesta del plan de producción en base al diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa.

7.2.1. Pronósticos de la Demanda:

- **Método de Suavizamiento Exponencial Simple:** En el Anexo B se presenta el cálculo completo de los métodos de suavizamiento exponencial simple y de tendencia ajustada, en

donde se identifica las respectivas medidas de error, y en consecuencia, se utilizó el método de suavizamiento exponencial simple, cuyos resultados se presentan a continuación.

■ **Pronóstico de la demanda mensual:**

Figura 34

Pronóstico de la demanda mensual

| Modelo de Suavización Exponencial Simple Mensual | | |
|---|-----------------------|-------------------|
| Alpha | 0,81 | |
| Mes | Demanda Actual | Pronóstico |
| Enero | 1265 | 1265 |
| Febrero | 1150 | 1265 |
| Marzo | 1349 | 1172 |
| Abril | 1480 | 1315 |
| Mayo | 1250 | 1449 |
| Junio | 1350 | 1288 |
| Julio | 1280 | 1338 |
| Agosto | 1450 | 1291 |
| Septiembre | 1780 | 1420 |
| Octubre | 2150 | 1712 |
| Noviembre | 2067 | 2067 |
| Diciembre | 1985 | 2067 |
| MAPE | 10% | |

Nota: En la figura 34 se observa el pronóstico de la demanda mensual y el porcentaje de error obtenido. Elaborado por: El Autor (2023).

Figura 35

Gráfica de la demanda con pronóstico mensual



Nota: Se observa que no existe una gran diferencia entre el comportamiento de la demanda actual en relación al pronóstico calculado. Además, se aprecia que en los meses de octubre, noviembre y diciembre la demanda es mayor. Elaborado por: El Autor (2023).

- **Comparación de error entre el método de Suavizamiento Exponencial Simple con el de Tendencia Ajustada:**

Tabla 3

Comparación de errores entre los métodos considerados.

| Método | Error |
|--|-------|
| Suavizamiento Exponencial Simple | 10% |
| Suavizamiento Exponencial con Tendencia Ajustada | 28% |

Nota: Se identifica que el método de Suavizamiento Exponencial Simple es el más adecuado debido a que es el que menor porcentaje de error presentó. Elaborado por: El Autor (2023).

7.2.2. Plan Agregado de Producción:

- **Comparación de costo entre los diferentes métodos de planeación agregada:**

Figura 36

Comparación de costo de los métodos de planeación agregada

| MÉTODOS | COSTO |
|---------------------------------|-----------|
| Nivelación | \$ 12.278 |
| Nivelación con horas extras | \$ 11.685 |
| Persecución con Inventario cero | \$ 9.182 |
| Mixto | \$ 19.274 |

Nota: En la figura 36 se observa que el método con el menor costo es el de persecución con Inventario Cero. Elaborado por: El Autor (2023).

- **Método de Persecución con Inventario Cero:**

En el Anexo C se presenta el desarrollo de los distintos métodos de planeación agregada, en donde se identificó que el método de persecución con cero inventario es el que menor costo genera, siendo coherente con la forma de trabajar de la planta, ya que este no genera costos de inventario.

- **Datos:**

Figura 37

Datos para realizar el plan agregado

| DATOS | | |
|------------------------------------|--------|--------------|
| PRODUCCIÓN PROMEDIO POR OPERARIO | 14 | Diario |
| CANTIDAD DE TRABAJADORES INICIALES | 7 | Trabajadores |
| SALARIO PROMEDIO (POR DÍA) | \$ 17 | Diario |
| COSTO POR CONTRATAR UN OPERARIO | \$ 500 | Empleado |
| COSTO POR DESPEDIR UN OPERARIO | \$ 600 | Empleado |
| COSTO POR ALMACENAR | \$ 5 | Unidad |
| COSTO POR FALTANTE | \$ 8 | Unidad |
| HORAS LABORALES | 8 | Horas |

Nota: Datos para el desarrollo del Plan Agregado de Producción, de acuerdo al estudio del taller realizado previamente. Elaborado por: El Autor (2023).

- **Resultados:**

Figura 38

Resultados del Plan Agregado de Producción

| PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN - MÉTODO PERSECUSIÓN INVENTARIO CERO | | | | | |
|--|---------|-----------|-----------|-------|----------|
| MESES | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | Total | Promedio |
| DÍAS LABORABLES | 21 | 20 | 20 | 61 | 20 |
| DEMANDA | 1712 | 2067 | 2067 | 5846 | 1949 |
| UNIDADES POR OPERARIO | 294 | 290 | 280 | 854 | 285 |
| OPERARIOS REQUERIDOS | 6 | 8 | 8 | | |
| OPERARIOS ACTUALES | 7 | 6 | 8 | | |
| OPERARIOS CONTRATADOS | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 |
| OPERARIOS DESPEDIDOS | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| OPERARIOS UTILIZADOS | 6 | 8 | 8 | 22 | 7 |
| UNIDADES PRODUCIDAS | 1712 | 2067 | 2067 | 5846 | 1949 |
| INVENTARIO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| UNIDADES FALTANTES | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Nota: Resultados de la estrategia de persecución con inventario cero del plan agregado para cumplir con la demanda mensual del último trimestre del año. Elaborado por: El Autor (2023).

En la figura 38 se puede observar que las unidades producidas se adaptan a la demanda, lo que evita a la empresa tener costos de inventarios. Además, se aprecia que para llegar a producir las cantidades necesarias, en promedio se dispondrán de 7 trabajadores, siendo los mismos con los que se cuenta actualmente la planta, de esta manera se ha determinado los requerimientos de mano de obra para poder cumplir con las cantidades pronosticadas.

Figura 39

Costos del Plan Agregado de Producción

| COSTOS DE PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN | | | | |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| POR CONTRATAR | \$ - | \$ 1.000 | \$ - | \$ 1.000 |
| POR DESPEDIR | \$ 600 | \$ - | \$ - | \$ 600 |
| POR MANO DE OBRA | \$ 2.142 | \$ 2.720 | \$ 2.720 | \$ 7.582 |
| POR DE ALMACENAR | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| POR FALTANTES | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| COSTO TOTAL | \$ 2.742 | \$ 3.720 | \$ 2.720 | \$ 9.182 |
| Rendimiento de los operarios | 1764 | 2240 | 2240 | |
| | 97% | 92% | 92% | 94% |

Nota: Costo del plan agregado propuesto. Además, se presenta una tabla en donde se observa que el rendimiento que tendrán los operarios a partir del plan agregado propuesto será del 94%, siendo este un valor aceptable para el trabajo que deberán realizar. Elaborado por: El Autor (2023).

7.2.3. Propuesta del Plan Maestro de Producción:

- **Plan Maestro de Producción Mensual:**

Figura 40

Plan maestro de producción mensual

| | | Mes | | |
|---|-------------|----------|-----------|-----------|
| Armado de pantalones | | Octubre | Noviembre | Diciembre |
| Cantidad disponible | 0 | | | |
| Inventario semana anterior | | 0 | 0 | 0 |
| Pronóstico | | 1712 | 2067 | 2067 |
| Pedidos de los clientes (registrados) | | 2150 | 2067 | 1985 |
| Valor máximo entre pronóstico y pedidos registrados | | 2150 | 2067 | 2067 |
| Cantidad en el MPS | | 2150 | 2067 | 2067 |
| Inventario Final | | 0 | 0 | 0 |
| Inicio del MPS | | Semana 1 | Semana 5 | Semana 9 |
| Política de pedido | Lote x Lote | | | |

Nota: La figura 40 presenta las cantidades mensuales que se deben fabricar para los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2023. Elaborado por: El Autor (2023).

7.3. Análisis comparativo entre la capacidad de la planta y el plan de producción propuesto en base al diagnóstico del proceso productivo actual de la empresa.

7.3.1. Análisis del plan maestro de producción con la capacidad de la planta:

- **Parámetros:**

A continuación se presenta los parámetros utilizados para el análisis comparativo del plan de producción con la capacidad de la planta, entre los cuales se destacan: el horario normal y de horas extras, la eficiencia de producción, el número de trabajadores, y el tiempo estándar.

Figura 41

Parámetros para el análisis del Plan Maestro de Producción

| TABLA DE PARAMETROS | | | | | | | | | |
|--|--|-----------------------|--|---------------|-----------|--------------------------|---------------|----------------------|---|
| Actividad Económica: Armado de pantalones | | | | | Minutos | | | | |
| | | | | | Descansos | | Mañana sábado | | 0 |
| Horario de trabajo: | | Mañana | | 0 | | | | | |
| De Lunes a Viernes | | Medio día | | 60 | | | | | |
| Inicio: 08:00:00 | | Fin: 17:00:00 | | Tarde | | 0 | | | |
| Sabado (Extra) | | Inicio: 08:00:00 | | Fin: 12:00:00 | | | | Semana | |
| Domingo (Extra) | | Inicio: | | Fin: | | | | | |
| Tiempos improductivos | | Defectos | | Reprocesos | | Rotacion Personal | | Ausentismos | |
| | | 2% | | 1% | | 4% | | 7% | |
| Capacidad Teórica de la planta (Eficiencia) | | 100% | | | | | | | |
| Capacidad Real de la planta (Eficiencia) | | 100% - 7% | | 93% | | | | | |
| Procesos | | HOMBRES | | MUJERES | | Total puestos de trabajo | | | |
| Armado de un pantalón | | 1 | | 6 | | 7 | | | |
| Total | | 1 | | 6 | | | | | |
| Horas total turno L a V | | 9,0 | | descanso | | 1,0 | | Horas trabajadas 0,0 | |
| Horas total turno S (Extra) | | 4,0 | | descanso | | 0,0 | | Horas trabajadas 4,0 | |
| Horas total turno D (Extra) | | 0,0 | | descanso | | 1,0 | | Horas trabajadas 0,0 | |
| | | | | | | | | 44,0 | |
| Salario Básico Unificado del trabajador (2023) | | SBU (2023) | | \$ 450 | | | | | |
| Salario Básico Unificado del trabajador (2023) | | SBU (2023) | | Prestaciones | | Salario+Prest | | | |
| Incremento: | | 5,882% | | \$ 476 | | 4,17% | | \$ 496,3 | |
| COSTO DE LA MANO DE OBRA DIRECTA | | | | | | | | | |
| N° Oper. | | Costo a la empresa | | Costo por día | | Costo por hora | | Costo por minuto | |
| 1 | | \$ 496,3 | | \$ 16,54 | | \$ 2,068 | | \$ 0,03 | |
| | | | | | | | | \$ 0,00 | |
| TIEMPO EN MINUTOS (USP) POR UNIDAD | | | | | | | | | |
| Unidad | | Armado de un pantalón | | | | | | | |
| Min/ Unidad | | 32,46 | | | | | | | |
| COSTO MATERIAS PRIMAS | | | | | | | | | |
| Unidad | | Armado de un pantalón | | | | | | | |
| Costo/ Und | | \$1 | | | | | | | |

Nota: Se presenta los datos iniciales para poder hacer el análisis del plan maestro de producción propuesto, con la capacidad de la planta. Elaborado por: El Autor (2023).

- **Capacidad Teórica:** En el Anexo D figura 74 se presenta el desarrollo completo de la capacidad teórica, obteniendo los resultados presentados en la figura 42.

Figura 42

Capacidad Teórica de la planta

| RESUMEN CAPACIDAD TEÓRICA | | SEM-1 | SEM-2 | SEM-3 | SEM-4 | SEM-5 | SEM-6 | TOTAL |
|---------------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|----------------|
| Concepto | Minutos | | | | | | | |
| Octubre | 70.560 | 16.800 | 13.440 | 16.800 | 16.800 | 6.720 | 0 | 70.560 |
| Noviembre | 67.200 | 3.360 | 16.800 | 16.800 | 16.800 | 13.440 | 0 | 67.200 |
| Diciembre | 67.200 | 3.360 | 16.800 | 16.800 | 16.800 | 13.440 | 0 | 67.200 |
| Trimestre | 204.960,0 | 23.520 | 47.040 | 50.400 | 50.400 | 33.600 | 0 | 204.960 |

Nota: Se puede observar el total de minutos disponibles si el taller trabajará con una eficiencia del 100%. Elaborado por: El Autor (2023).

Figura 43

Gráfica de la Capacidad Teórica de planta



Nota: Se indica que en el mes de octubre se dispondrá de la mayor cantidad de minutos, mientras que en noviembre se tendrá la menor cantidad de minutos. Elaborado por: El Autor (2023).

- **Capacidad Real:** En el Anexo D figura 75 se presenta el desarrollo completo de la capacidad real, obteniendo los resultados presentados en la figura 44.

Figura 44

Capacidad Real de la planta

| RESUMEN CAPACIDAD REAL | | | | | | | | |
|------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Concepto | Minutos | SEM-1 | SEM-2 | SEM-3 | SEM-4 | SEM-5 | SEM-6 | TOTAL |
| Octubre | 65.621 | 15.624 | 12.499 | 15.624 | 15.624 | 6.250 | 0 | 65.621 |
| Noviembre | 62.496 | 3.125 | 15.624 | 15.624 | 15.624 | 12.499 | 0 | 62.496 |
| Diciembre | 62.496 | 3.125 | 15.624 | 15.624 | 15.624 | 12.499 | 0 | 62.496 |
| Trimestre | 190.612,8 | 21.874 | 43.747 | 46.872 | 46.872 | 31.248 | 0 | 190.613 |

Nota: Se presenta los minutos que realmente dispondrá el taller para trabajar, considerando los tiempos de ausentismos, rotación del personal y reprocesos, lo que hace que la eficiencia del taller disminuya, siendo más apegado con el día a día de la empresa. Elaborado por: El Autor (2023).

Figura 45

Gráfica de la Capacidad Real de planta



Nota: La figura 45 muestra que el mes de octubre tiene la mayor cantidad de minutos disponibles, mientras que, en los meses de noviembre y diciembre, se tendrá la misma cantidad de minutos para trabajar. Elaborado por: El Autor (2023).

- **Total de minutos necesarios:**

Figura 46

Cálculo del total de minutos necesarios para producir las cantidades previstas

| CÁLCULO DEL TOTAL DE MINUTOS NECESARIOS | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---|
| Proceso | Octubre | | | Noviembre | | | Diciembre | | | T/und | T/min |
| | Cantidades previstas | Tiempo estándar por unidad | Total de minutos necesarios | Cantidades previstas | Tiempo estándar por unidad | Total de minutos necesarios | Cantidades previstas | Tiempo estándar por unidad | Total de minutos necesarios | cantidades previstas a producir | Minutos para cumplir con las cantidades previstas |
| Armado de un pantalón | 2.150 | 32,5 | 69.789 | 2.067 | 32,5 | 67.095 | 2.067 | 32,5 | 67.095 | 6.284 | 203.979 |
| | | | | | | | | | | 0 | 0 |
| TOTAL | 2.150 | | 69.789 | 2.067 | | 67.095 | 2.067 | | 67.095 | 6.284 | 203.979 |

Nota: Total de minutos necesarios en cada mes para realizar las cantidades planificadas. Elaborado por: El Autor (2023).

■ **Comparación del Plan Maestro de Producción con la Capacidad:**

Figura 47

Comparación del Plan Maestro Propuesto

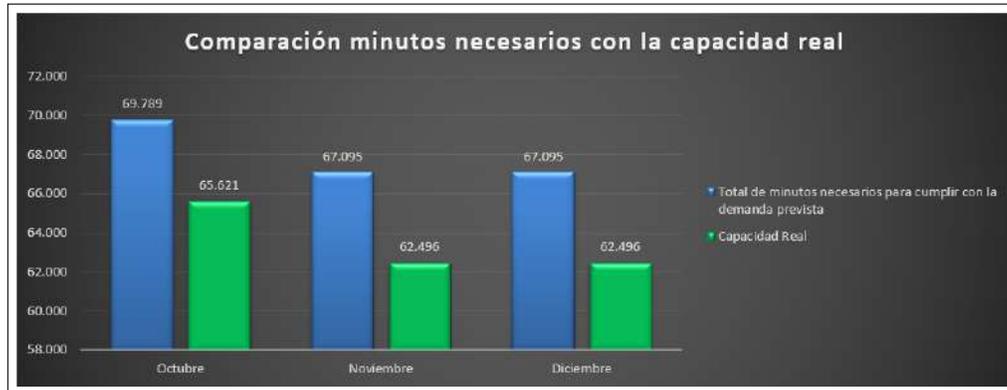
| RESUMEN COMPARATIVO DEL PLAN MAESTRO PROPUESTO | | | | | | |
|--|-------------------------------|--|------------------------|---------------------|------------|--------------------|
| Mes | Unidades previstas a producir | Total de minutos necesarios para cumplir con la demanda prevista | Capacidad Teórica/ min | Capacidad Real/ min | % Cump. | Déficit de minutos |
| Octubre | 2.150 | 69.789 | 70.560 | 65.621 | 94% | -4.168 |
| Noviembre | 2.067 | 67.095 | 67.200 | 62.496 | 93% | -4.599 |
| Diciembre | 2.067 | 67.095 | 67.200 | 62.496 | 93% | -4.599 |
| Total | 6.284 | 203.979 | 204.960 | 190.613 | 93% | -13.366 |

Nota: Análisis comparativo entre el Plan Maestro de Producción propuesto con la capacidad teórica y real de la empresa. Elaborado por: El Autor (2023).

En la figura 47 se observa que el total de minutos necesarios para realizar las cantidades planificadas es mayor a la capacidad real del taller, en consecuencia, el cumplimiento de la demanda no será del 100% en ninguno de los tres meses. Por lo tanto, fue necesario aumentar las horas de trabajo, para que así el taller tenga el tiempo suficiente para cumplir con la planificación propuesta.

Figura 48

Gráfica del plan maestro propuesto



Nota: De azul se representa los minutos necesarios para producir y de verde los minutos con los que actualmente la planta dispone. Elaborado por: El Autor (2023).

En la figura 48 se puede observar que actualmente el taller no dispone con los minutos necesarios en ninguno de los meses para producir las cantidades planificadas, siendo el mes de noviembre el que mayor déficit de minutos tendrá.

Figura 49

Análisis del cuadro comparativo

| Análisis de Capacidad de la Planta | |
|------------------------------------|-----------|
| Prev. Ventas | 203.978,6 |
| Cap. Real | 190.612,8 |
| Min/Faltantes | -13.365,8 |
| Horas Trab. | -222,8 |
| Turnos Trab. 8h | -28 |

Nota: Tabla en donde se analiza el cuadro comparativo realizado anteriormente; y se observa que con la planificación actual que sigue el taller, se necesitan 28 turnos adicionales para poder satisfacer la demanda prevista. Elaborado por: El Autor (2023).

- **Simulación de la Capacidad:** En el Anexo E se presenta el desarrollo completo de las modificaciones que se realizó en la capacidad real, obteniendo los resultados presentados en la figura 50.

Figura 50

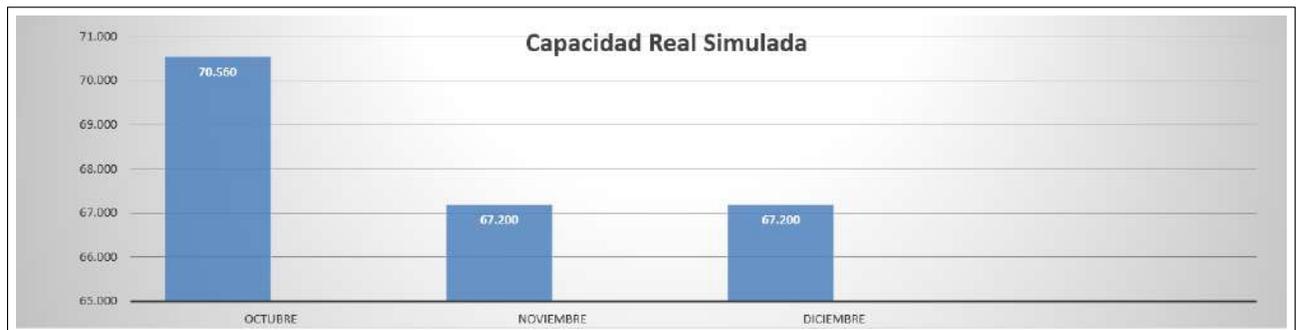
Simulación en la Capacidad Real

| RESUMEN CAPACIDAD REAL SIMULADA | | | | | | | | |
|---------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Concepto | Minutos | SEM-1 | SEM-2 | SEM-3 | SEM-4 | SEM-5 | SEM-6 | TOTAL |
| Octubre | 70.308 | 17.186 | 14.062 | 17.186 | 15.624 | 6.250 | 0 | 70.308 |
| Noviembre | 68.746 | 4.687 | 17.186 | 17.186 | 17.186 | 12.499 | 0 | 68.746 |
| Diciembre | 67.183 | 4.687 | 17.186 | 17.186 | 15.624 | 12.499 | 0 | 67.183 |
| Trimestre | 206.236,8 | 26.561 | 48.434 | 51.559 | 48.434 | 31.248 | 0 | 206.237 |

Nota: Resultados de la simulación en la capacidad real, y los minutos que ahora dispondrá la empresa a partir de la estrategia realizada. Elaborado por: El Autor (2023).

Figura 51

Gráfica de la simulación realizada



Nota: Gráfico de la capacidad real simulada, en donde se observa que se dispondrá de más minutos para trabajar en comparación con la capacidad real actual de la empresa. Elaborado por: El Autor (2023).

- **Análisis del Plan Maestro propuesto con la nueva estrategia creada:**

Figura 52

Comparación del plan maestro propuesto con la estrategia planteada

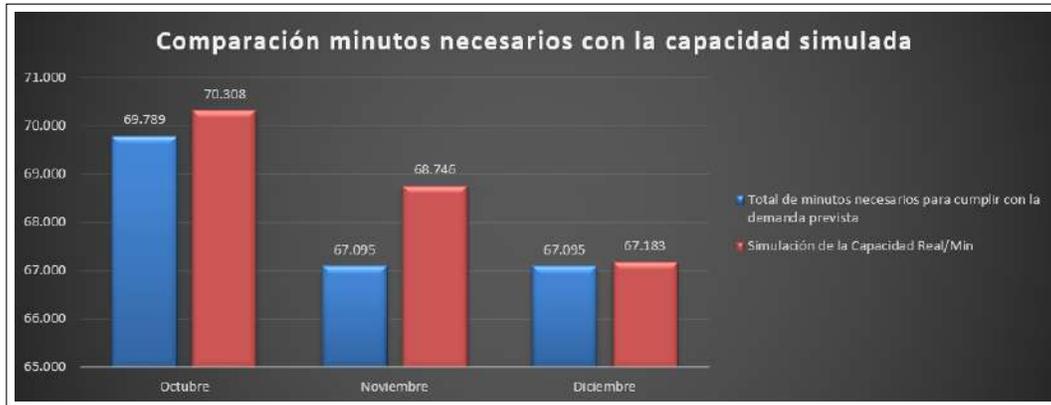
| NUEVO RESUMEN COMPARATIVO DEL PLAN MAESTRO PROPUESTO | | | | | | |
|--|-------------------------------|--|------------------------|-------------------------------------|-------------|--------------|
| Mes | Unidades previstas a producir | Total de minutos necesarios para cumplir con la demanda prevista | Capacidad Teórica/ min | Simulación de la Capacidad Real/Min | % Cump. | Desv Min |
| Octubre | 2.150 | 69.789 | 70.560 | 70.308 | 101% | 519 |
| Noviembre | 2.067 | 67.095 | 67.200 | 68.746 | 102% | 1.651 |
| Diciembre | 2.067 | 67.095 | 67.200 | 67.183 | 100% | 88 |
| Total | 6.284 | 203.979 | 204.960 | 206.237 | 101% | 2.258 |

Nota: Se muestra una nueva comparación entre los minutos necesarios para producir las cantidades planificadas con los minutos obtenidos de la simulación hecha sobre la capacidad real. Elaborado por: El Autor (2023).

En la figura 52 se observa que, con la simulación realizada, las horas de trabajo aumentaron, por lo que, el taller ahora sí cuenta con los minutos necesarios para llegar a cumplir a tiempo con la demanda solicitada. Además, se cuenta incluso con algunos minutos adicionales que pueden ser útiles a la hora de corregir algún inconveniente que se pueda llegar a dar.

Figura 53

Gráfica de la simulación realizada



Nota: Gráfica de comparación entre los minutos necesarios para producir con la cantidad de minutos disponibles a partir de la simulación realizada anteriormente sobre la capacidad real. Elaborado por: El Autor (2023).

En la figura 53 se observa que, con la nueva estrategia creada, los minutos disponibles que tendrá el taller es mayor a los necesarios para producir las cantidades planificadas, por lo tanto, se podrá cumplir con la demanda prevista.

Figura 54

Análisis del nuevo cuadro comparativo

| Análisis de la Capacidad de la Planta | |
|---------------------------------------|-----------|
| Prev. Ventas | 203.978,6 |
| Cap. Real | 206.236,8 |
| Min/Faltantes | 2.258,2 |
| Horas Trab. | 37,6 |
| Turnos Trab. 8h | 4,7 |

Nota: Se destaca que, con la estrategia creada, se podrá contar con 5 turnos adicionales. Elaborado por: El Autor (2023).

La figura 54 muestra un nuevo análisis del cuadro comparativo y notamos que gracias a la simulación realizada en la capacidad real del taller, a comparación de la planificación

actual en donde faltaban 28 turnos, en este caso se cuenta con todos los minutos necesarios, inclusive sobrando 5 turnos de trabajo que pueden ser utilizados para diferentes actividades o mejorar diversos aspectos de la organización

▪ **Estrategia Propuesta:**

Figura 55

Resultados de la estrategia propuesta

| Mes | Estrategias |
|-----------|--|
| Octubre | Se trabaja medio turno los tres primeros sábados del mes |
| Noviembre | Se trabaja medio turno todos los sábados |
| Diciembre | Se trabaja medio turno los tres primeros sábados del mes |

Nota: Se destaca que en el mes de noviembre se deberá trabajar todos los días sábados. Elaborado por: El Autor (2023).

7.3.2. Costos Directos de fabricación:

Figura 56

Costo de la mano de obra directa

| COSTO DIRECTO DE PRODUCCION MANO DE OBRA | | | | | | Valor del minuto: \$ 0,03 | | | | | |
|---|----------------|-----------------|--------------|---------------|----------------|---------------------------|------------|------------|--------------|----------------|--|
| CLASIFICACION DE LA CAPACIDAD SIMULADA EN MINUTOS | | | | | | | | | | | |
| MES | T/normal | T. Extra/sem | T. Extra/dom | T. Extra/sab | Total | \$0,03 | \$0,04 | \$0,07 | \$0,04 | Total | |
| Octubre | 65.621 | | | 4.687 | 70.308 | \$2.262 | \$0 | \$0 | \$202 | \$2.464 | |
| Noviembre | 62.496 | | | 6.250 | 68.746 | \$2.154 | \$0 | \$0 | \$269 | \$2.423 | |
| Diciembre | 62.496 | | | 4.687 | 67.183 | \$2.154 | \$0 | \$0 | \$202 | \$2.356 | |
| TOTAL | 190.613 | 0 | 0 | 15.624 | 206.237 | \$6.570 | \$0 | \$0 | \$673 | \$7.243 | |
| \$7.243 | | \$\$ MOD | | 69,7% | | | | | | | |

Nota: Costo de la mano de obra por jornada laboral y horas extras. Elaborado por: El Autor (2023).

En la figura 56 se observa que el costo de la mano de obra directa, basándonos en el

valor que tiene trabajar una jornada normal y también considerando las horas extras, debido a la simulación realizada anteriormente.

Figura 57

Costo de la materia prima

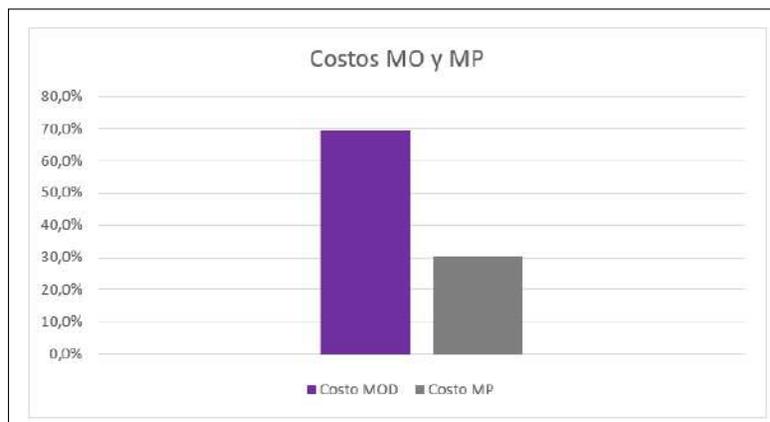
| REFERENCIA | COSTO DIRECTO MATERIA PRIMA | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----------|--------------|
| | Total/Und | Costo/Und | Costo/ToT |
| Armado de un pantalón | 6.284 | 1 | 3.142 |
| TOTAL | 6.284 | 1 | 3.142 |

| | | |
|----------------|-----------------|--------------|
| \$3.142 | \$ \$ MP | 30,3% |
|----------------|-----------------|--------------|

Nota: Costo de la materia prima para el proceso de armado de un pantalón. Elaborado por: El Autor (2023).

Figura 58

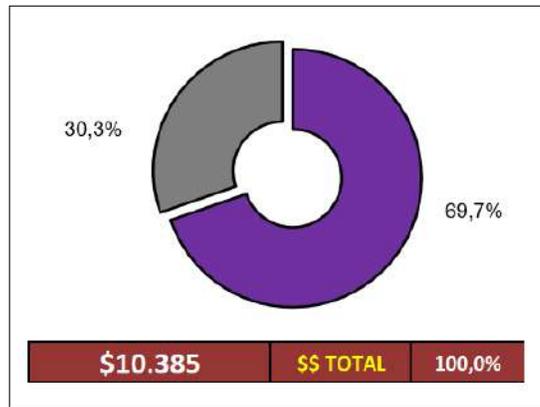
Gráfica de los costos de producción



Nota: Gráfico del costo de la mano de obra directa y el costo de la materia prima, en donde se observa que lo que mayor le cuesta al taller es la mano de obra. Elaborado por: El Autor (2023).

Figura 59

Comparación de los costos de producción



Nota: La figura 59 muestra la relación en porcentaje entre el costo de la mano de obra directa con el de la materia prima. Además, se observa el costo total de la producción, correspondientes al último trimestre del año 2023. Elaborado por: El Autor (2023).

7.3.3. Productividad:

Figura 60

Resultados del cálculo de la Productividad

| Productividad Global | | | | | | | |
|---|-------|----------------------|--------|-----------|------|----------------------|--------|
| Mes | Año | Productividad Global | Unidad | Mes | Año | Productividad Global | Unidad |
| Octubre | 2022 | 5,51 | \$ | Octubre | 2023 | 5,7 | \$ |
| Noviembre | | | | Noviembre | | | |
| Diciembre | | | | Diciembre | | | |
| Tasa de variacion de la productividad global | | | | | | | |
| TVPG | 0,095 | 10% | | | | | |

Nota: En la figura 60 se observa que la productividad ha aumentado con una tasa de variación del 10% en el retorno de la inversión. Elaborado por: El Autor (2023).

8. Conclusiones

Conclusión 1:

Se realizó un diagnóstico al proceso productivo actual de la empresa, en donde se determinó los problemas asociados a una falta de planificación en la producción y se definió que la empresa se dedica únicamente al armado de pantalones. Por otro lado, se efectuó un estudio de tiempos, en los diferentes procesos correspondientes al armado de un pantalón, dando como resultado el tiempo estándar y el takt time, lo que permitió entender el porque con la planificación actual el taller no alcanza a cumplir con todos los pedidos solicitados a tiempo. Además, se realizó el cálculo de la capacidad de producción, en donde se determinó que el taller funciona con un 93% de eficiencia y que cada operario puede producir 14 unidades al día.

Conclusión 2:

Se propuso un plan maestro de producción teniendo en cuenta un análisis previo de la demanda con el método de suavizamiento exponencial simple, en donde se determinó que los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2023 serán los de mayor exigencia para la planta, de modo que, la propuesta del plan maestro de producción, se centró en dichos meses. Además, gracias al desarrollo del plan agregado de producción, se pudo minimizar los costos de la planificación mediante la metodología de cero inventarios, y se determinó los recursos de mano de obra que serán necesarios para cumplir con las cantidades previstas a realizar. A partir de esto, la empresa ya cuenta con información más acertada en torno a las cantidades que deberán producir durante ese período, y de esta manera poder satisfacer a tiempo la demanda, optimizando recursos y reduciendo gastos, mejorando así la competitividad de la planta frente a otras pequeñas empresas que compiten en iguales actividades que la empresa analizada.

Conclusión 3:

Se analizó de forma comparativa el tiempo que dispone la planta para trabajar, con los minutos que serán necesarios para producir las cantidades planificadas en el plan maestro de producción, para ello, fue necesario realizar una simulación simple y manual con la capacidad real de la planta, considerando 8 horas diarias, de lunes a viernes, con la cual se determinó que, actualmente el taller no cuenta con las horas necesarias para poder fabricar a tiempo las cantidades planificadas. A partir de esto, se realizó una segunda comparación mediante otra simulación, incluyendo como tiempo de trabajo los días sábados a media jornada inclusive, determinándose que en este caso la empresa sí puede llegar a cumplir con las cantidades planificadas. Por otro lado, se comparó la productividad actual con la que se espera llegar a

tener en base a la planificación propuesta, y se logró aumentar un 10%.

9. Recomendaciones

- Según lo investigado, se sugiere realizar una redistribución de planta para optimizar los recorridos y mejorar la organización del taller.
- Para desarrollar una planificación más amplia que incluya además a los trabajadores, se recomienda llevar a cabo una asignación de cargas de trabajo para que los operarios sepan qué tareas deben cumplir a lo largo de toda su jornada laboral, ya que constantemente se producen tiempos muertos o confusiones en pasar de una actividad a otra.
- Se aconseja capacitar al personal acerca del uso de todas las máquinas a disposición, y de esta manera evitar paros en la producción, de tal forma que, si el trabajador encargado de una determinada máquina no esté disponible, pueda ser relevado por otro operario.

Referencias

- ACMP. (2016). *¿qué es el takt time y por qué es útil conocerlo?* [Recuperado de: <https://acmplean.com/que-es-el-takt-time-y-por-que-es-util-conocerlo/>; Accedido el: 10 de mayo del 2023].
- Asana, T. (2022). *¿qué es un diagrama de flujo y cómo hacerlo?* [Disponible en: <https://asana.com/es/resources/what-is-a-flowchart>; Accedido el: 9 de mayo del 2023].
- Atlassian. (2023). *Todo sobre la planificación de la capacidad (y por qué es la visión realista que necesitas)*. [Disponible en: <https://n9.cl/nv6u9>; Accedido el: 10 de mayo del 2023].
- Betancourt, D. (2016a). *Capacidad de producción: ¿qué es y cómo se calcula?* [Disponible en: <https://www.ingenioempresa.com/capacidad-produccion-empresa/>; Accedido el: 10 de mayo del 2023].
- Betancourt, D. (2016b). *Cómo usar la suavización exponencial simple para pronosticar la demanda*. [Disponible en: <https://www.ingenioempresa.com/capacidad-produccion-empresa/>; Accedido el: 11 de mayo del 2023].
- Betancourt, D. (2016c). *Suavización exponencial doble para pronosticar la demanda*. [Recuperado de: <https://www.ingenioempresa.com/suavizacion-exponencial-doble/>; Accedido el: 11 de mayo del 2023].
- Betancourt, D. (2017). *Tamaño del lote: Decisión, métodos (determinísticos variables) y ejemplos*. [Recuperado de: <https://www.ingenioempresa.com/tamano-del-lote-inventario/>; Accedido el: 20 de diciembre del 2022].
- Bind ERP. (2023). *Plan maestro de producción: ¿qué es y cómo elaborarlo?* [Recuperado de: <https://n9.cl/maj03>; Accedido el: 11 de mayo del 2023].
- bizneo. (2023). *Cómo medir la productividad en el trabajo*. [Disponible en: <https://n9.cl/i6gc>; Accedido el: 11 de mayo del 2023].
- Calamani, E. (2017). *Diseño de un plan de producción y distribución de planta en la empresa gonzaplast*. [Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/21167/TES-1044.pdf?sequence=1&isAllowed=y>; Accedido el: 08 de Junio del 2023].
- Capital Praxis. (2018). *Diferencias entre capacidad teórica, capacidad real y capacidad instalada*. [Disponible en: <https://n9.cl/5ch1o> ; Accedido el: 10 de mayo del 2023].
- Castillo, C. (2023). *Diseño de un plan maestro de producción del tardón mireño para la asociación manos productivas cia. ltda. de la ciudad de mira*. [Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13787>; Accedido el: 08 de Junio del

2023].

- Celestino, A. (2014). *Método lote por lote*. [Recuperado de: <https://n9.cl/35dkpw>; Accedido el: 11 de mayo del 2023].
- Chain, S. (2023). *Proceso de producción: en qué consiste y cómo se desarrolla*. [Disponible en: <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/proceso-de-produccion-como-desarrolla/>; Accedido el: 9 de mayo del 2023].
- Chavez, J. (2023a). *Costo de producción*. [Disponible en: <https://www.ceupe.com/blog/costo-de-produccion.html>; Accedido el: 11 de mayo del 2023].
- Chavez, J. (2023b). *¿qué es la mano de obra? concepto, tipos y características*. [Disponible en: <https://n9.cl/e7535>; Accedido el: 11 de mayo del 2023].
- Chavez, J. (2023c). *¿qué es un proceso productivo? etapas, tipos y características*. [Disponible en: <https://www.ceupe.com/blog/proceso-productivo.html>; Accedido el: 9 de mayo del 2023].
- Coll, F. (2020a). *Capacidad de producción*. [Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/maquiladora.html>; Accedido el: 9 de mayo del 2023].
- Coll, F. (2020b). *Productividad*. [Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/productividad.html>; Accedido el: 11 de mayo del 2023].
- Coll, F. (2021). *Maquiladora*. [Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/maquiladora.html>; Accedido el: 3 de mayo del 2023].
- Cruz, A. (2016). *Qué son y cómo calcular 'el tiempo de ciclo' (cycle time), takt time y tiempo de entrega (lead time)*. [Recuperado de: <https://www.gembaacademy.com/es/blog/2016/12/15/que-son-y-como-calcular-el-tiempo-de-ciclo-cycle-time-takt-time-y-tiempo-de-espera-lead-time-1>; Accedido el: 10 de mayo del 2023].
- Culture, S. (2022). *Programa maestro de producción (mps)*. [Recuperado de: <https://n9.cl/ubo60>; Accedido el: 10 de mayo del 2023].
- Denim, C. (2022). *¿cuál es el proceso de fabricación de un pantalón?* [Disponible en: <https://n9.cl/i2ry0>; Accedido el: 10 de mayo del 2023].
- Dorrego, E. (2011). *Modelo para la producción y evaluación formativa de medios instruccionales, aplicado al video y al software*. [Disponible en: <https://n9.cl/vm0a5>; Accedido el: 08 de Junio del 2023].
- EALDE. (2020). *Planificación agregada de la producción en una empresa*. [Disponible en: <https://n9.cl/7chng>; Accedido el: 11 de mayo del 2023].
- El Nuevo empresario. (2023). *¿qué es el layout o distribución de la planta?*

- [Recuperado de: <https://elnuevoempresario.com/que-es-el-layout-o-distribucion-de-la-planta/gs.xn9cm9>; Accedido el: 9 de mayo del 2023].
- Equipo Ekon. (2021). *El indicador de productividad global, un factor clave para las empresas actuales*. [Disponible en: <https://n9.cl/jcn92>; Accedido el: 11 de mayo del 2023].
- Equipo Ekon. (2022). *Objetivos y ventajas de un plan maestro de producción*. [Recuperado de: <https://www.ekon.es/blog/plan-maestro-de-produccion/>; Accedido el: 11 de mayo del 2023].
- Esan, C. (2016). *¿de qué hablamos cuando nos referimos al planeamiento agregado?* [Disponible en: <https://n9.cl/llxkt>; Accedido el: 11 de mayo del 2023].
- Estrada, C., y Marín, M. (2023). *Plan de requerimiento de material- mrp -técnicas de dimensionado de lote*. [Recuperado de: <https://n9.cl/bln70>; Accedido el: 11 de mayo del 2023].
- Faxas del Toro, P. (2011). *La contabilidad de costo y el costo de producción para la empresa*. [Disponible en: <https://n9.cl/5sh7s>; Accedido el: 11 de mayo del 2023].
- Freepik. (2022). *Importancia y beneficios de la predicción de demanda*. [Disponible en: <https://n9.cl/09m9k>; Accedido el: 10 de mayo del 2023].
- GEO Tutoriales. (2017). Suavizamiento exponencial simple (ejercicios resueltos). <https://www.gestiondeoperaciones.net/proyeccion-de-demanda/suavizamiento-exponencial-simple-ejercicios-resueltos/>.
- Google Maps. (2023). Ubicación geográfica. <https://www.google.com/maps>.
- Grupo Control. (2022). *Métodos de cálculo del lote de producción*. [Recuperado de: <https://www.controlgroup.es/tamano-lote-de-produccion-calcularlo/>; Accedido el: 20 de diciembre del 2022].
- Guillén, P. . C. (2005). *Una propuesta de detección y diagnóstico de fallas en la instrumentación de procesos químicos utilizando la transformada wavelet*. [Recuperado de: <https://n9.cl/tlr83>; Accedido el: 9 de mayo del 2023].
- Gutierrez, N. (2014). *Diseño de plan maestro de producción para la pesquera transantártica*. [Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bpmfcig984d/doc/bpmfcig984d.pdf>; Accedido el: 08 de Junio del 2023].
- Heizer, J., y Render, B. (2009a). *Principios de administración de operaciones*. Capítulo 4. Editorial Pearson Education.
- Heizer, J., y Render, B. (2009b). *Principios de administración de operaciones*. Capítulo 13. Editorial Pearson Education.
- higo. (2022). *Layout en empresa: ¿qué es y para qué sirve?* [Recuperado de:

- <https://n9.cl/su1l9>; Accedido el: 9 de mayo del 2023].
- Ibarra, J. (2022). *Diseño de un plan maestro de producción en la empresa tecnibisagras*. [Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9566/1/PI-002268.pdf>; Accedido el: 08 de Junio del 2023].
- Industrial Consulting. (2022). *Los análisis de fallos en productos*. [Recuperado de: <https://n9.cl/4qn1e>; Accedido el: 9 de mayo del 2023].
- Jara, L. (2015). *Utilización de la capacidad instalada en la industria*. [Disponible en: <https://observatorio.unr.edu.ar/utilizacion-de-la-capacidad-instalada-en-la-industria-2/>; Accedido el: 10 de mayo del 2023].
- Kiligann, A. (2022). *¿que es metodología de trabajo?* [Recuperado de: <https://elconsejosalvador.com/trabajo/que-es-metodologia-de-trabajo.html>; Accedido el: 20 de diciembre del 2022].
- Lameirinhas, G. (2023). *5 herramientas para el análisis de fallos*. [Recuperado de: <https://tractian.com/es/blog/5-herramientas-fundamentales-para-el-analisis-de-fallos>; Accedido el: 9 de mayo del 2023].
- Laoyan, S. (2023). *La planificación de la capacidad: qué es y cómo hacerlo*. [Disponible en: <https://asana.com/es/resources/capacity-planning>; Accedido el: 10 de mayo del 2023].
- Lauri, K. (2022). *¿qué es un plan maestro de producción? con ejemplos*. [Recuperado de: <https://n9.cl/fbcyw>; Accedido el: 11 de mayo del 2023].
- Leyva, J., y Ramos, M. (2009). *Diseño de un plan maestro de la producción para la empresa cellux colombiana s.a. utilizando tecnicas de planeación agregada*. [Disponible en: <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0054902.pdf>; Accedido el: 08 de Junio del 2023].
- López, J. (2022). *Suavización exponencial*. [Disponible en: <https://n9.cl/227bm>; Accedido el: 10 de mayo del 2023].
- Mata, E. (2011). *Pronósticos em02*. [Disponible en: <https://n9.cl/dq74j>; Accedido el: 09 de junio del 2023].
- Mogrovejo, A. (2017). *Armado de prendas: Reducción de tiempos de producción y mejoramiento de la calidad en talleres artesanales*. [Recuperado de: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7176> ; Accedido el: 10 de mayo del 2023].
- Paz, J. (2017). *Implementación de un plan maestro de producción para mejorar la rentabilidad en pluscosmética*. [Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/7046>; Accedido el: 08 de Junio del 2023].
- Pronóstico experto. (2019). *La anatomía de un pronóstico estadístico*. [Disponible en: <https://n9.cl/wze78>; Accedido el: 11 de mayo del 2023].

- Quiroa, M. (2023). *Proceso productivo*. [Disponible en:<https://economipedia.com/definiciones/proceso-productivo.html>; Accedido el: 9 de mayo del 2023].
- Rodas, C. (2013). *Diseño de un sistema de planificación de producción y gestión de materiales (mrp) para la empresa “ego zapatería” e implementación de un sistema prototipo*. [Disponible en:<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6476/6/UPS-CT003103.pdf>; Accedido el: 08 de Junio del 2023].
- Rodríguez, W. (2020). *Capacidad productiva teórica o ideal*. [Disponible en: <https://n9.cl/ibrwx>; Accedido el: 10 de mayo del 2023].
- Romero, C. (2022). *Layout de almacén: qué es, objetivo, tipos y cómo hacer uno*. [Recuperado de: <https://n9.cl/8zybc>; Accedido el: 9 de mayo del 2023].
- Salazar, B. (2019a). *Pronóstico de la demanda*. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/pronostico-de-la-demanda/que-es-el-pronostico-de-la-demanda/>.
- Salazar, B. (2019b). *Suplementos del estudio de tiempos*. [Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/suplementos-del-estudio-de-tiempos/>; Accedido el: 11 de Julio del 2023].
- Sejzer, R. (2016). *Takt time, lead time y cycle time ... ¿qué representa cada uno?* [Recuperado de:<https://n9.cl/uzi38>; Accedido el: 10 de mayo del 2023].
- Sentrio. (2022). *Cycle time: qué es, cómo medirlo y mejorarlo en desarrollo de software*. [Recuperado de:<https://n9.cl/uo6c4>; Accedido el: 10 de mayo del 2023].
- Serna, P. (2020). *Medidas de error en pronósticos de demanda*. [Disponible en: <https://www.datup.ai/logistica/medidas-de-error-en-pronosticos-de-demanda/>; Accedido el: 11 de mayo del 2023].
- SmartDraw. (2023). *Símbolos de diagramas de flujo*. [Disponible en:<https://www.smartdraw.com/flowchart/simbolos-de-diagramas-de-flujo.htm>; Accedido el: 10 de mayo del 2023].
- Suntaxi, I. (2012). *Propuesta de mejora de la productividad en la confección de pantalones para mujer aplicando herramientas lean manufacturing*. [Recuperado de: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23877> ; Accedido el: 10 de mayo del 2023].
- Triadó, J. (2018). *Planificación de la producción y plan maestro de producción*. [Disponible en:<https://n9.cl/19bqj>; Accedido el: 08 de Junio del 2023].
- work meter. (2023). *Cómo calcular la productividad en todos los niveles: empleado, organización y software*. [Disponible en: <https://n9.cl/wyrds>; Accedido el: 11 de mayo del 2023].
- Zapata, M., González, Y., y Sánchez, Y. (2019). *Diseño de un plan maestro de producción*

para la empresa industrias san judas ltda. [Disponible en: <https://n9.cl/bi54c>; Accedido el: 08 de Junio del 2023].

Zendesk. (2023). *¿cómo hacer un análisis de demanda en 5 pasos?* [Disponible en: <https://n9.cl/g0odu>; Accedido el: 10 de mayo del 2023].

ANEXOS

9.1. Anexo A

Estudio de tiempos:

- **Tabla de Valoración:**

Figura 61

Tabla de Valoración

| Escala 0-100 | Descripción del desempeño | Velocidad de marcha comparable (1) (Km/h) |
|------------------|---|---|
| 0 | Actividad nula | |
| 50 | Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo | 3,2 |
| 75 | Constante, resuelto, sin prisa, como de operario no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan | 4,8 |
| 100 (Ritmo tipo) | Activo, capaz, como de operario calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado | 6,4 |
| 125 | Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del operario calificado medio | 8,0 |
| 150 | Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por varios periodos; actuación de "virtuoso" sólo alcanzada por algunos trabajadores sobresalientes | 9,6 |

Nota: Se presenta la tabla con los valores estándar utilizadas para llevar a cabo el estudio de tiempos. Elaborado por: El Autor (2023).

- **Suplementos:**

Figura 62

Tabla con los valores estándar para los suplementos

| SUPLEMENTOS CONSTANTES | | | SUPLEMENTOS VARIABLES | | |
|--|--------|----------|--|--------|-------|
| | HOMBRE | MUJER | | HOMBRE | MUJER |
| Necesidades personales | 5 | 7 | e) Condiciones atmosféricas | | |
| Básico por fatiga | 4 | 4 | Índice de enfriamiento, termómetro de KATA (milicalorías/cm ² /segundo) | | |
| SUPLEMENTOS VARIABLES | | | | | |
| | HOMBRE | MUJER | | HOMBRE | MUJER |
| a) Trabajo de pie | | | 16 | | 0 |
| Trabajo se realiza sentado(a) | 0 | 0 | 14 | | 0 |
| Trabajo se realiza de pie | 2 | 4 | 12 | | 0 |
| b) Postura normal | | | 10 | | 3 |
| Ligeramente incómoda | 0 | 1 | 8 | | 10 |
| Incómoda (Inclinación del cuerpo) | 2 | 3 | 6 | | 21 |
| Muy incómoda (Cuerpo estirado) | 7 | 7 | 5 | | 31 |
| | | | 4 | | 45 |
| | | | 3 | | 64 |
| | | | 2 | | 100 |
| c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar) | | | f) Tensión visual | | |
| Peso levantado por kilogramo | | | Trabajos de cierta precisión | 0 | 0 |
| 2,5 | 0 | 1 | Trabajos de precisión o fatigosos | 2 | 2 |
| 5 | 1 | 2 | Trabajos de gran precisión | 5 | 5 |
| 7,5 | 2 | 3 | g) Ruido | | |
| 10 | 3 | 4 | Sonido continuo | 0 | 0 |
| 12,5 | 4 | 6 | Sonidos intermitentes y fuertes | 2 | 2 |
| 15 | 5 | 8 | Sonidos intermitentes y muy fuertes | 5 | 5 |
| 17,5 | 7 | 10 | Sonidos estridentes | 7 | 7 |
| 20 | 9 | 13 | h) Tensión mental | | |
| 22,5 | 11 | 16 | Proceso algo complejo | 1 | 1 |
| 25 | 13 | 20 (máx) | Proceso complejo o de atención dividida | 4 | 4 |
| 30 | 17 | | Proceso muy complejo | 8 | 8 |
| 33,5 | 22 | | i) Monotonía mental | | |
| d) Iluminación | | | Trabajo monótono | 0 | 0 |
| Ligeramente por debajo de la potencia calculada | 0 | 0 | Trabajo bastante monótono | 1 | 1 |
| Bastante por debajo | 2 | 2 | Trabajo muy monótono | 4 | 4 |
| Absolutamente insuficiente | 5 | 5 | j) Monotonía física | | |
| | | | Trabajo algo aburrido | 0 | 0 |
| | | | Trabajo aburrido | 2 | 2 |
| | | | Trabajo muy aburrido | 5 | 5 |

Nota: Se presenta la tabla con los porcentajes para valorar los suplementos, (Salazar, 2019b)

Figura 63

Tabla de Suplementos

| Nº | Descripción del Suplemento | Suplementos |
|------------------------|--|-------------|
| 1 | SUPLEMENTO POR DESCANSO | |
| | Suplementos por fatiga básica | 4% |
| | Suplementos por necesidades personales | 7% |
| 2 | OTROS SUPLEMENTOS | |
| | Sonidos intermitentes y fuertes | 2% |
| | Trabajo muy monótono | 4% |
| | Trabajo aburrido | 2% |
| TOTAL % DE SUPLEMENTOS | | 19% |

Nota: Se presenta la tabla de suplementos utilizada para desarrollar el estudio de tiempos.
Elaborado por: El Autor (2023).

- **Tiempos del proceso de armado de la delantera:**

Figura 64

Estudio de tiempos del proceso de armado de la delantera

| Armado de la Delantera | | | | | | | Valoraciones | | | Suplementos | | Tiempo Tipo |
|------------------------|--|------------------------------|------|-------|-------|------|-----------------------|--|---------------------|--|--------------------|-------------|
| N° | Actividades | Tiempos Observados (minutos) | | | | | Tiempo Promedio (min) | Valoraciones (Ver tabla de valoración) | | Suplementos (Ver tabla de suplementos) | | |
| | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | | Valoración (%) | Tiempo Básico (min) | % de Suplemento | 19% | |
| 1 | Llega la materia prima | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Se prepara el material (Se da a forma ac mandil, cartera, falso, contrafalso, y pretina) | 2,33 | 2,25 | 2,3 | 2,28 | 2,3 | 2,292666667 | 50 | 1,146333333 | 0,217803333 | | 1,364136667 |
| 3 | Se pega el relojero en el falso y contrafalso | 0,67 | 0,66 | 0,68 | 0,65 | 0,64 | 0,657777778 | 75 | 0,483333333 | 0,089733333 | | 0,587066667 |
| 4 | Se pega falso y contrafalso al forro | 0,83 | 0,77 | 0,8 | 0,82 | 0,79 | 0,805555556 | 75 | 0,604166667 | 0,114791667 | | 0,718958333 |
| 5 | Se pega falso y contrafalso al forro en recubridora | 0,56 | 0,58 | 0,57 | 0,58 | 0,58 | 0,574 | 50 | 0,287 | 0,05453 | | 0,34153 |
| 7 | Se pega el forro en la boca de la delantera | 0,47 | 0,45 | 0,456 | 0,478 | 0,46 | 0,465111111 | 75 | 0,348833333 | 0,066278333 | | 0,415111667 |
| 8 | Se coco al contorno de la boca | 0,45 | 0,44 | 0,42 | 0,43 | 0,41 | 0,431428571 | 75 | 0,323571429 | 0,061478571 | | 0,38505 |
| 9 | Se remata en los piquetes de la boca | 0,25 | 0,30 | 0,29 | 0,29 | 0,26 | 1,806923077 | 50 | 0,903461538 | 0,174657692 | | 1,075119231 |
| 10 | Se cierra el forro de bolsillo | 0,42 | 0,42 | 0,39 | 0,4 | 0,42 | 0,411111111 | 75 | 0,308333333 | 0,058583333 | | 0,366916667 |
| 11 | Se pega el cierre sobre la cartera | 0,42 | 0,4 | 0,43 | 0,39 | 0,39 | 0,402980952 | 75 | 0,301785714 | 0,057339286 | | 0,359125 |
| 12 | Se pega mandil y se une la delantera | 0,5 | 0,52 | 0,53 | 0,52 | 0,53 | 0,520555556 | 75 | 0,390416667 | 0,074179167 | | 0,464595833 |
| 13 | Se atraca relojero, la parte del tiro y pasadores | 0,42 | 0,43 | 0,4 | 0,42 | 0,43 | 0,421111111 | 75 | 0,315833333 | 0,060083333 | | 0,375841667 |
| TIEMPO DE CICLO | | | | | | | | | | | 7,160911791 | |

Nota: Se presenta el desarrollo completo del estudio de tiempos para el proceso de armado de la delantera, en donde se obtiene su tiempo de ciclo. Elaborado por: El Autor (2023).

Figura 65

Cálculo del número de observaciones para el proceso de armado de la delantera

| Tamaño inicial de la muestra | Cálculo número de observaciones | | | | n | Tiempos adicionales (n) tomados | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|---------------|-----------------|---|------|---------------------------------|------|-------|------|-----|------|------|----|----|-----|
| | Sumatoria observaciones precliminales*2 | Sumatoria obs | Sumatoria obs*2 | n | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 26,28534444 | 11,46333333 | 131,4080111 | 0 | 0 | | | | | | | | | | |
| 5 | 2,174544444 | 3,296666667 | 10,86801111 | 1 | 0,65 | | | | | | | | | | |
| 5 | 3,223844444 | 4,013333333 | 16,10684444 | 1 | 0,82 | | | | | | | | | | |
| 5 | 3,1366 | 3,96 | 15,6816 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 5 | 1,6477 | 2,87 | 8,2369 | 0 | | | | | | | | | | | |
| 5 | 1,068297778 | 2,310666667 | 5,399180444 | 2 | 0,48 | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,9255 | 2,15 | 4,6225 | 2 | 0,44 | 0,43 | | | | | | | | | |
| 5 | 0,3683 | 1,39 | 1,9521 | 8 | 0,24 | 0,29 | 0,25 | 20,26 | 0,27 | 0,3 | 0,24 | 0,25 | | | |
| 5 | 0,838511111 | 2,046666667 | 4,188944444 | 1 | 0,42 | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,822711111 | 2,026666667 | 4,107377778 | 2 | 0,4 | 0,39 | | | | | | | | | |
| 5 | 1,356144444 | 2,603333333 | 6,777344444 | 1 | 0,52 | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,879811111 | 2,096666667 | 4,396011111 | 1 | 0,43 | | | | | | | | | | |

Nota: Cálculo del número de observaciones que se debe realizar para cada actividad. Elaborado por: El Autor (2023).

- Estudio de tiempos del proceso de armado de la trasera:

Figura 66

Estudio de tiempos del proceso de armado de la trasera

| Armado de trasera | | | | | | | Valoraciones | | Suplementos | | Tiempo Tipo | |
|------------------------|--|------------------------------|------|------|------|------|-----------------------|---------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------|-----|
| N° | Actividades | Tiempos Observados (minutos) | | | | | Tiempo Promedio (min) | (Ver tabla de valoración) | | (Ver tabla de suplementos) | | |
| | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | | Valoración (%) | Tiempo Básico (min) | % de Suplemento | | 15% |
| 1 | Llega la materia prima | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2 | Se prepara el material (bolsillo) | 0,25 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | 0,23 | 0,238571429 | 75 | 0,178928571 | 0,033996429 | 0,212925 | |
| 3 | Se pega la ventajita sobre la trasera | 0,5 | 0,52 | 0,49 | 0,5 | 0,52 | 0,508333333 | 75 | 0,38125 | 0,0724375 | 0,4536875 | |
| 4 | Se une la trasera | 0,67 | 0,65 | 0,66 | 0,65 | 0,65 | 0,655333333 | 75 | 0,4915 | 0,093385 | 0,584885 | |
| 5 | Se arma la estructura del bolsillo (Se plancha sobre un molde) | 0,42 | 0,4 | 0,39 | 0,42 | 0,4 | 0,402777778 | 50 | 0,201388889 | 0,038263889 | 0,239652778 | |
| 6 | Se pega el bolsillo sobre la trasera | 0,58 | 0,6 | 0,59 | 0,55 | 0,56 | 0,58047619 | 50 | 0,290238095 | 0,055145238 | 0,345383333 | |
| 7 | Se atracan los bolsillos | 0,2 | 0,23 | 0,2 | 0,22 | 0,22 | 0,217 | 75 | 0,16275 | 0,0308225 | 0,1936725 | |
| TIEMPO DE CICLO | | | | | | | | | | | 2,030206111 | |

Nota: Desarrollo completo del estudio de tiempos para el proceso de armado de la trasera, en donde se obtiene su tiempo de ciclo. Elaborado por: El Autor (2023).

Figura 67

Cálculo del número de observaciones para el proceso de armado de la trasera

| Cálculo número de observaciones | | | | | Tiempos adicionales (n) tomados | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|---------------|-----------------|---|---------------------------------|------|-----|------|------|----|----|----|----|-----|
| Tamaño inicial de la muestra | Sumatoria observaciones preliminares*2 | Sumatoria obs | Sumatoria obs*2 | n | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,2884 | 1,2 | 1,44 | 2 | 0,24 | 0,23 | | | | | | | | |
| 5 | 1,2809 | 2,53 | 6,4029 | 1 | 0,52 | | | | | | | | | |
| 5 | 2,147544444 | 3,276666667 | 10,73654444 | 0 | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,822111111 | 2,026666667 | 4,107377778 | 1 | 0,39 | | | | | | | | | |
| 5 | 1,664477778 | 2,883333333 | 8,313611111 | 2 | 0,6 | 0,58 | | | | | | | | |
| 5 | 0,2297 | 1,07 | 1,1449 | 5 | 0,23 | 0,22 | 0,2 | 0,23 | 0,22 | | | | | |

Nota: Se presenta el desarrollo del cálculo del número de observaciones que se debe realizar para cada actividad. Elaborado por: El Autor (2023).

- Estudio de tiempos del proceso de unión de la delantera con la trasera:

Figura 68

Estudio de tiempos del proceso de unión de la delantera con la trasera

| N° | Actividades | Union delantera con trasera | | | | | | Valoración | | Suplementos | | Tiempo Tipo |
|----|--|------------------------------|-------|------|-------|-------|-----------------------|---------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------|-------------|
| | | Tiempos Observados (minutos) | | | | | | (Ver tabla de valoración) | | (Ver tabla de suplementos) | | |
| | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | Tiempo Promedio (min) | Valoración (%) | Tiempo Básico (min) | % de Suplemento | 19% | |
| 1 | Se cierra entrepierna | 0,66 | 0,75 | 0,66 | 0,7 | 0,67 | 0,680740741 | 100 | 0,680740741 | 0,129340741 | 0,810081481 | |
| 2 | Se cierra los costados | 0,62 | 0,67 | 0,58 | 0,65 | 0,63 | 0,625 | 50 | 0,3125 | 0,059375 | 0,371875 | |
| 3 | Se igualan las bastas | 0,33 | 0,37 | 0,33 | 0,33 | 0,38 | 0,356969697 | 75 | 0,267727273 | 0,050868182 | 0,318595455 | |
| 4 | Se pasa costura del costado para pretinar (pespunte) | 0,38 | 0,4 | 0,38 | 0,37 | 0,4 | 0,387619048 | 75 | 0,290714286 | 0,055235714 | 0,34595 | |
| 5 | Se hace el bastillado | 1 | 0,97 | 1,03 | 1,05 | 1,03 | 1,020555556 | 75 | 0,765416667 | 0,145429167 | 0,910845833 | |
| 6 | Se pone la pretina | 0,83 | 0,87 | 0,83 | 0,82 | 0,8 | 0,833333333 | 100 | 0,833333333 | 0,158333333 | 0,991666667 | |
| 7 | Se coje puntas | 0,93 | 1 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 14,19481481 | 100 | 14,19481481 | 2,697014815 | 16,89182963 | |
| 8 | Atraca los pasadores | 2 | 1,97 | 1,93 | 1,99 | 2 | 1,978666667 | 100 | 1,978666667 | 0,375946667 | 2,354613333 | |
| 9 | Se revisa el pantalón (Se cortan hilos sobrantes) | 0,2 | 0,22 | 0,2 | 0,18 | 0,2 | 0,194545455 | 75 | 0,145909091 | 0,027722727 | 0,173631818 | |
| 10 | Se dobla y se entrega al cliente | 0,08 | 0,083 | 0,08 | 0,078 | 0,083 | 0,081888889 | 100 | 0,081888889 | 0,015558889 | 0,097447778 | |
| | | | | | | | | | | TIEMPO DE CICLO | 23,26553699 | |

Nota: Desarrollo completo del estudio de tiempos para el proceso de unión de la delantera con la trasera, en donde se obtiene su tiempo de ciclo. Elaborado por: El Autor (2023).

Figura 69

Cálculo del número de observaciones para el proceso de unión de la delantera con la trasera

| Tamaño inicial de la muestra | Cálculo número de observaciones | | | | Tiempos adicionales (n) tomados | | | | | | | | | |
|------------------------------|---|---------------|-----------------|---|---------------------------------|------|------|------|------|------|----|----|----|-----|
| | Sumatoria observaciones preeliminadas^2 | Sumatoria obs | Sumatoria obs^2 | n | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 |
| 5 | 2,368144444 | 3,436666667 | 11,81067778 | 4 | 0,69 | 0,66 | 0,68 | 0,66 | | | | | | |
| 5 | 1,988611111 | 3,15 | 9,9225 | 3 | 0,84 | 0,62 | 0,59 | | | | | | | |
| 5 | 0,612511111 | 1,746666667 | 3,050844444 | 6 | 0,35 | 0,39 | 0,34 | 0,37 | 0,38 | 0,35 | | | | |
| 5 | 0,748333333 | 1,933333333 | 3,737777778 | 2 | 0,4 | 0,38 | | | | | | | | |
| 5 | 5,1725 | 5,083333333 | 25,84027778 | 1 | 1,04 | | | | | | | | | |
| 5 | 3,446944444 | 4,15 | 17,2225 | 1 | 0,85 | | | | | | | | | |
| 5 | 4,522111111 | 4,753333333 | 22,59417778 | 1 | 20 | 30 | 40 | 33 | | | | | | |
| 5 | 19,57877778 | 9,893333333 | 97,87804444 | 0 | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,2008 | 1 | 1 | 6 | 0,2 | 0,19 | 0,19 | 0,18 | 0,2 | 0,18 | | | | |
| 5 | 0,053206444 | 0,407333333 | 0,165820444 | 1 | 0,084 | | | | | | | | | |

Nota: Cálculo del número de observaciones que se debe realizar para cada actividad. Elaborado por: El Autor (2023).

Takt Time:

Figura 70

Desarrollo del Takt Time

| Takt time | | |
|--|------------|-----------|
| Datos | | Unidades |
| Demanda de cliente | 326 | Mensuales |
| Días laborados | 22 | Días |
| Día de trabajo | 480 | min/día |
| Hora no productiva (tiempo planeado no productivo) | 65 | min/día |
| Disponibilidad de la máquina | 0,93 | % |
| Scap (desperdicios, productos defectuosos) | 2 | % |
| Demanda del cliente total mensual | 332,52 | |
| Demanda del cliente diaria | 15,1145455 | |
| Tiempo neto disponible | 385,95 | |
| TAKT TIME | 26 | Minutos |

Nota: Se presenta el desarrollo del takt time. Elaborado por: El Autor (2023).

9.2. Anexo B

Método de Suavizamiento Exponencial Simple:

Suavizamiento mensual:

Figura 71

Desarrollo del método suavizamiento exponencial simple mensual

| Modelo de Suavización Exponencial Simple | | | | | | |
|--|----------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------------|
| Alpha | 0,81 | | | | | |
| Mes | Demanda Actual | Pronóstico | Error | Error (abs) | Error^2 | Error (Abs)/ Demanda actual |
| 1 | 1265 | 1265 | | | | |
| 2 | 1150 | 1265 | -115 | 115 | 13225 | 10% |
| 3 | 1349 | 1171,78192 | 177,218082 | 177,218082 | 31406,2485 | 13% |
| 4 | 1480 | 1315,43348 | 164,56652 | 164,56652 | 27082,1394 | 11% |
| 5 | 1250 | 1448,82979 | -198,829787 | 198,829787 | 39533,2843 | 16% |
| 6 | 1350 | 1287,65995 | 62,3400507 | 62,3400507 | 3886,28193 | 5% |
| 7 | 1280 | 1338,1923 | -58,1922966 | 58,1922966 | 3386,34339 | 5% |
| 8 | 1450 | 1291,02209 | 158,977914 | 158,977914 | 25273,9773 | 11% |
| 9 | 1780 | 1419,88831 | 360,111686 | 360,111686 | 129680,427 | 20% |
| 10 | 2150 | 1711,79197 | 438,208029 | 438,208029 | 192026,276 | 20% |
| 11 | 2067 | 2066,9999 | 9,9561E-05 | 9,9561E-05 | 9,9123E-09 | 0% |
| 12 | 1985 | 2066,99998 | -81,9999811 | 81,9999811 | 6723,99691 | 4% |
| | | | | | MAD | 165,0404042 |
| | | | | | MSE | 42929,45225 |
| | | | | | MAPE | 10% |

Nota: La figura 71 indica el cálculo completo para el método de suavizamiento exponencial de forma mensual, de igual forma sus respectivas medidas de error. Elaborado por: El Autor (2023).

Método de Suavizamiento Exponencial con Tendencia Ajustada:

9.4. Anexo D

Capacidad Teórica:

Figura 74

Desarrollo de la Capacidad Teórica de la planta

| CAPACIDAD DE PLANTA TEÓRICA AL 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------|---------|----------------------|-----------|---------|----------------------|--------------|---------|----------------------|--------------|---------|----------------------|--------------|---------|----------------------|--------------|---------|
| Octubre | | | 100% | | | Noviembre | | | 100% | | | Diciembre | | | 100% | | |
| Día | N° Operarios | min/día | Día | Operarios | min/día | Día | N° Operarios | min/día |
| 2 | 7 | 3.360 | 1 | 7 | 3.360 | 1 | 7 | 3.360 | 2 | 7 | 3.360 | 3 | 7 | 3.360 | 4 | 7 | 3.360 |
| 3 | 7 | 3.360 | 2 | 7 | 0 | 2 | 7 | 0 | 3 | 7 | 0 | 4 | 7 | 3.360 | 5 | 7 | 3.360 |
| 4 | 7 | 3.360 | 3 | 7 | 0 | 3 | 7 | 0 | 4 | 7 | 3.360 | 5 | 7 | 3.360 | 6 | 7 | 3.360 |
| 5 | 7 | 3.360 | 4 | 7 | 0 | 4 | 7 | 3.360 | 5 | 7 | 3.360 | 6 | 7 | 3.360 | 7 | 7 | 3.360 |
| 6 | 7 | 3.360 | 5 | 7 | 0 | 5 | 7 | 3.360 | 6 | 7 | 3.360 | 7 | 7 | 3.360 | 8 | 7 | 3.360 |
| 7 | 7 | 0 | 6 | 7 | 3.360 | 6 | 7 | 3.360 | 7 | 7 | 3.360 | 8 | 7 | 3.360 | 9 | 7 | 0 |
| 8 | 7 | 0 | 7 | 7 | 3.360 | 7 | 7 | 3.360 | 8 | 7 | 3.360 | 9 | 7 | 0 | 10 | 7 | 3.360 |
| 9 | 7 | 0 | 8 | 7 | 3.360 | 8 | 7 | 3.360 | 9 | 7 | 3.360 | 10 | 7 | 0 | 11 | 7 | 3.360 |
| 10 | 7 | 3.360 | 9 | 7 | 3.360 | 9 | 7 | 3.360 | 10 | 7 | 3.360 | 11 | 7 | 3.360 | 12 | 7 | 3.360 |
| 11 | 7 | 3.360 | 10 | 7 | 3.360 | 10 | 7 | 3.360 | 11 | 7 | 3.360 | 12 | 7 | 3.360 | 13 | 7 | 3.360 |
| 12 | 7 | 3.360 | 11 | 7 | 0 | 11 | 7 | 3.360 | 12 | 7 | 3.360 | 13 | 7 | 3.360 | 14 | 7 | 3.360 |
| 13 | 7 | 3.360 | 12 | 7 | 0 | 12 | 7 | 3.360 | 13 | 7 | 3.360 | 14 | 7 | 3.360 | 15 | 7 | 3.360 |
| 14 | 7 | 0 | 13 | 7 | 3.360 | 13 | 7 | 3.360 | 14 | 7 | 3.360 | 15 | 7 | 3.360 | 16 | 7 | 3.360 |
| 15 | 7 | 0 | 14 | 7 | 3.360 | 14 | 7 | 3.360 | 15 | 7 | 3.360 | 16 | 7 | 3.360 | 17 | 7 | 3.360 |
| 16 | 7 | 3.360 | 15 | 7 | 3.360 | 15 | 7 | 3.360 | 16 | 7 | 3.360 | 17 | 7 | 3.360 | 18 | 7 | 3.360 |
| 17 | 7 | 3.360 | 16 | 7 | 3.360 | 16 | 7 | 3.360 | 17 | 7 | 3.360 | 18 | 7 | 3.360 | 19 | 7 | 3.360 |
| 18 | 7 | 3.360 | 17 | 7 | 3.360 | 17 | 7 | 3.360 | 18 | 7 | 3.360 | 19 | 7 | 3.360 | 20 | 7 | 3.360 |
| 19 | 7 | 3.360 | 18 | 7 | 0 | 18 | 7 | 3.360 | 19 | 7 | 3.360 | 20 | 7 | 3.360 | 21 | 7 | 3.360 |
| 20 | 7 | 3.360 | 19 | 7 | 0 | 19 | 7 | 3.360 | 20 | 7 | 3.360 | 21 | 7 | 3.360 | 22 | 7 | 3.360 |
| 21 | 7 | 0 | 20 | 7 | 3.360 | 20 | 7 | 3.360 | 21 | 7 | 3.360 | 22 | 7 | 3.360 | 23 | 7 | 3.360 |
| 22 | 7 | 0 | 21 | 7 | 3.360 | 21 | 7 | 3.360 | 22 | 7 | 3.360 | 23 | 7 | 3.360 | 24 | 7 | 3.360 |
| 23 | 7 | 3.360 | 22 | 7 | 3.360 | 22 | 7 | 3.360 | 23 | 7 | 3.360 | 24 | 7 | 3.360 | 25 | 7 | 3.360 |
| 24 | 7 | 3.360 | 23 | 7 | 3.360 | 23 | 7 | 3.360 | 24 | 7 | 3.360 | 25 | 7 | 3.360 | 26 | 7 | 3.360 |
| 25 | 7 | 3.360 | 24 | 7 | 3.360 | 24 | 7 | 3.360 | 25 | 7 | 3.360 | 26 | 7 | 3.360 | 27 | 7 | 3.360 |
| 26 | 7 | 3.360 | 25 | 7 | 0 | 25 | 7 | 3.360 | 26 | 7 | 3.360 | 27 | 7 | 3.360 | 28 | 7 | 3.360 |
| 27 | 7 | 3.360 | 26 | 7 | 0 | 26 | 7 | 3.360 | 27 | 7 | 3.360 | 28 | 7 | 3.360 | 29 | 7 | 3.360 |
| 28 | 7 | 0 | 27 | 7 | 3.360 | 27 | 7 | 3.360 | 28 | 7 | 3.360 | 29 | 7 | 3.360 | 30 | 7 | 3.360 |
| 29 | 7 | 0 | 28 | 7 | 3.360 | 28 | 7 | 3.360 | 29 | 7 | 3.360 | 30 | 7 | 3.360 | 31 | 7 | 3.360 |
| 30 | 7 | 3.360 | 29 | 7 | 3.360 | 29 | 7 | 3.360 | 30 | 7 | 3.360 | 31 | 7 | 3.360 | | | |
| 31 | 7 | 3.360 | 30 | 7 | 3.360 | 30 | 7 | 3.360 | 31 | 7 | 3.360 | | | | | | |
| Total del Mes | | | Total del Mes | | | Total del Mes | | | Total del Mes | | | Total del Mes | | | Total del Mes | | |
| 70.560,0 | | | 67.200,0 | | | 67.200,0 | | | 67.200,0 | | | 67.200,0 | | | 67.200,0 | | |

| Legenda | |
|---------|----------|
| | Festivos |
| | Sabado |
| | Domingo |

Nota: Se muestra la forma en la que se calculó la capacidad teórica, con su leyenda correspondiente que indica los días festivos, sábados y domingos. Se muestra los minutos que la planta dispondrá si trabajará con un 100% de eficiencia. Elaborado por: El Autor (2023).

Capacidad Real:

Figura 75

Desarrollo de la Capacidad Real de la planta

| CAPACIDAD DE PLANTA REAL | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------|----------------|----------------------|-----------------|----------------|----------------------|-----------|----------------|
| Octubre | | | Noviembre | | | Diciembre | | |
| Día | Operarios | 93% min/día | Día | N° Operarios | 93% min/día | Día | Operarios | 93% min/día |
| 2 | 7 | 3.125 | 1 | 7 | 3.125 | 1 | 7 | 3.125 |
| 3 | 7 | 3.125 | 2 | 7 | 0 | 2 | 7 | 0 |
| 4 | 7 | 3.125 | 3 | 7 | 0 | 3 | 7 | 0 |
| 5 | 7 | 3.125 | 4 | 7 | 0 | 4 | 7 | 3.125 |
| 6 | 7 | 3.125 | 5 | 7 | 0 | 5 | 7 | 3.125 |
| 7 | 7 | 0 | 6 | 7 | 3.125 | 6 | 7 | 3.125 |
| 8 | 7 | 0 | 7 | 7 | 3.125 | 7 | 7 | 3.125 |
| 9 | 7 | 0 | 8 | 7 | 3.125 | 8 | 7 | 3.125 |
| 10 | 7 | 3.125 | 9 | 7 | 3.125 | 9 | 7 | 0 |
| 11 | 7 | 3.125 | 10 | 7 | 3.125 | 10 | 7 | 0 |
| 12 | 7 | 3.125 | 11 | 7 | 0 | 11 | 7 | 3.125 |
| 13 | 7 | 3.125 | 12 | 7 | 0 | 12 | 7 | 3.125 |
| 14 | 7 | 0 | 13 | 7 | 3.125 | 13 | 7 | 3.125 |
| 15 | 7 | 0 | 14 | 7 | 3.125 | 14 | 7 | 3.125 |
| 16 | 7 | 3.125 | 15 | 7 | 3.125 | 15 | 7 | 3.125 |
| 17 | 7 | 3.125 | 16 | 7 | 3.125 | 16 | 7 | 0 |
| 18 | 7 | 3.125 | 17 | 7 | 3.125 | 17 | 7 | 0 |
| 19 | 7 | 3.125 | 18 | 7 | 0 | 18 | 7 | 3.125 |
| 20 | 7 | 3.125 | 19 | 7 | 0 | 19 | 7 | 3.125 |
| 21 | 7 | 0 | 20 | 7 | 3.125 | 20 | 7 | 3.125 |
| 22 | 7 | 0 | 21 | 7 | 3.125 | 21 | 7 | 3.125 |
| 23 | 7 | 3.125 | 22 | 7 | 3.125 | 22 | 7 | 3.125 |
| 24 | 7 | 3.125 | 23 | 7 | 3.125 | 23 | 7 | 0 |
| 25 | 7 | 3.125 | 24 | 7 | 3.125 | 24 | 7 | 0 |
| 26 | 7 | 3.125 | 25 | 7 | 0 | 25 | 7 | 0 |
| 27 | 7 | 3.125 | 26 | 7 | 0 | 26 | 7 | 3.125 |
| 28 | 7 | 0 | 27 | 7 | 3.125 | 27 | 7 | 3.125 |
| 29 | 7 | 0 | 28 | 7 | 3.125 | 28 | 7 | 3.125 |
| 30 | 7 | 3.125 | 29 | 7 | 3.125 | 29 | 7 | 3.125 |
| 31 | 7 | 3.125 | 30 | 7 | 3.125 | 30 | 7 | 0 |
| | | | | | | 31 | 7 | 0 |
| Total del Mes | | | Total del Mes | | | Total del Mes | | |
| 65.620,8 | | | 62.496,0 | | | 62.496,0 | | |

| Leyenda | |
|---------|----------|
| | Festivos |
| | Sabado |
| | Domingo |

Nota: Se observa la manera en la que se desarrolló la capacidad real, junto con su respectiva leyenda indicando los días festivos, sábados y domingos. Se presenta el total de minutos que realmente dispondrá el taller al considerar una eficiencia del 93% para trabar los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2023. Elaborado por: El Autor (2023).

9.5. Anexo E

Capacidad Real Simulada:

Figura 76

Desarrollo de la simulación en la Capacidad Real

| SIMULACIÓN DE LA CAPACIDAD REAL DE PLANTA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|---------|----------------------|-----------|---------|----------------------|-----------|---------|----------------------|-----------|---------|----------------------|-----------|---------|----------------------|-----------|---------|
| Octubre | | | 93% | | | Noviembre | | | 93% | | | Diciembre | | | 93% | | |
| Día | Operarios | min/día | Día | Operarios | min/día | Día | Operarios | min/día | Día | Operarios | min/día | Día | Operarios | min/día | Día | Operarios | min/día |
| 2 | 7 | 3.125 | 1 | 7 | 3.125 | 1 | 7 | 3.125 | 1 | 7 | 3.125 | 1 | 7 | 3.125 | 1 | 7 | 3.125 |
| 3 | 7 | 3.125 | 2 | 7 | 0 | 2 | 7 | 1.562 | 2 | 7 | 3.125 | 2 | 7 | 3.125 | 2 | 7 | 3.125 |
| 4 | 7 | 3.125 | 3 | 7 | 0 | 3 | 7 | 1.562 | 3 | 7 | 3.125 | 3 | 7 | 3.125 | 3 | 7 | 3.125 |
| 5 | 7 | 3.125 | 4 | 7 | 1.562 | 4 | 7 | 3.125 | 4 | 7 | 3.125 | 4 | 7 | 3.125 | 4 | 7 | 3.125 |
| 6 | 7 | 3.125 | 5 | 7 | 0 | 5 | 7 | 3.125 | 5 | 7 | 3.125 | 5 | 7 | 3.125 | 5 | 7 | 3.125 |
| 7 | 7 | 1.562 | 6 | 7 | 3.125 | 6 | 7 | 3.125 | 6 | 7 | 3.125 | 6 | 7 | 3.125 | 6 | 7 | 3.125 |
| 8 | 7 | 0 | 7 | 7 | 3.125 | 7 | 7 | 3.125 | 7 | 7 | 3.125 | 7 | 7 | 3.125 | 7 | 7 | 3.125 |
| 9 | 7 | 0 | 8 | 7 | 3.125 | 8 | 7 | 3.125 | 8 | 7 | 3.125 | 8 | 7 | 3.125 | 8 | 7 | 3.125 |
| 10 | 7 | 3.125 | 9 | 7 | 3.125 | 9 | 7 | 3.125 | 9 | 7 | 1.562 | 9 | 7 | 1.562 | 9 | 7 | 1.562 |
| 11 | 7 | 3.125 | 10 | 7 | 3.125 | 10 | 7 | 3.125 | 10 | 7 | 0 | 10 | 7 | 0 | 10 | 7 | 0 |
| 12 | 7 | 3.125 | 11 | 7 | 1.562 | 11 | 7 | 3.125 | 11 | 7 | 3.125 | 11 | 7 | 3.125 | 11 | 7 | 3.125 |
| 13 | 7 | 3.125 | 12 | 7 | 0 | 12 | 7 | 3.125 | 12 | 7 | 3.125 | 12 | 7 | 3.125 | 12 | 7 | 3.125 |
| 14 | 7 | 1.562 | 13 | 7 | 3.125 | 13 | 7 | 3.125 | 13 | 7 | 3.125 | 13 | 7 | 3.125 | 13 | 7 | 3.125 |
| 15 | 7 | 0 | 14 | 7 | 3.125 | 14 | 7 | 3.125 | 14 | 7 | 3.125 | 14 | 7 | 3.125 | 14 | 7 | 3.125 |
| 16 | 7 | 3.125 | 15 | 7 | 3.125 | 15 | 7 | 3.125 | 15 | 7 | 3.125 | 15 | 7 | 3.125 | 15 | 7 | 3.125 |
| 17 | 7 | 3.125 | 16 | 7 | 3.125 | 16 | 7 | 3.125 | 16 | 7 | 1.562 | 16 | 7 | 1.562 | 16 | 7 | 1.562 |
| 18 | 7 | 3.125 | 17 | 7 | 3.125 | 17 | 7 | 3.125 | 17 | 7 | 0 | 17 | 7 | 0 | 17 | 7 | 0 |
| 19 | 7 | 3.125 | 18 | 7 | 1.562 | 18 | 7 | 3.125 | 18 | 7 | 3.125 | 18 | 7 | 3.125 | 18 | 7 | 3.125 |
| 20 | 7 | 3.125 | 19 | 7 | 0 | 19 | 7 | 3.125 | 19 | 7 | 3.125 | 19 | 7 | 3.125 | 19 | 7 | 3.125 |
| 21 | 7 | 1.562 | 20 | 7 | 3.125 | 20 | 7 | 3.125 | 20 | 7 | 3.125 | 20 | 7 | 3.125 | 20 | 7 | 3.125 |
| 22 | 7 | 0 | 21 | 7 | 3.125 | 21 | 7 | 3.125 | 21 | 7 | 3.125 | 21 | 7 | 3.125 | 21 | 7 | 3.125 |
| 23 | 7 | 3.125 | 22 | 7 | 3.125 | 22 | 7 | 3.125 | 22 | 7 | 3.125 | 22 | 7 | 3.125 | 22 | 7 | 3.125 |
| 24 | 7 | 3.125 | 23 | 7 | 3.125 | 23 | 7 | 3.125 | 23 | 7 | 0 | 23 | 7 | 0 | 23 | 7 | 0 |
| 25 | 7 | 3.125 | 24 | 7 | 3.125 | 24 | 7 | 3.125 | 24 | 7 | 0 | 24 | 7 | 0 | 24 | 7 | 0 |
| 26 | 7 | 3.125 | 25 | 7 | 1.562 | 25 | 7 | 3.125 | 25 | 7 | 0 | 25 | 7 | 0 | 25 | 7 | 0 |
| 27 | 7 | 3.125 | 26 | 7 | 0 | 26 | 7 | 3.125 | 26 | 7 | 3.125 | 26 | 7 | 3.125 | 26 | 7 | 3.125 |
| 28 | 7 | 3.125 | 27 | 7 | 3.125 | 27 | 7 | 3.125 | 27 | 7 | 3.125 | 27 | 7 | 3.125 | 27 | 7 | 3.125 |
| 29 | 7 | 0 | 28 | 7 | 3.125 | 28 | 7 | 3.125 | 28 | 7 | 3.125 | 28 | 7 | 3.125 | 28 | 7 | 3.125 |
| 30 | 7 | 3.125 | 29 | 7 | 3.125 | 29 | 7 | 3.125 | 29 | 7 | 3.125 | 29 | 7 | 3.125 | 29 | 7 | 3.125 |
| 31 | 7 | 3.125 | 30 | 7 | 3.125 | 30 | 7 | 3.125 | 30 | 7 | 0 | 30 | 7 | 0 | 30 | 7 | 0 |
| | | | | | | | | | 31 | 7 | 0 | | | | | | |
| Total del Mes | | | Total del Mes | | | Total del Mes | | | Total del Mes | | | Total del Mes | | | Total del Mes | | |
| 70.308,0 | | | 68.745,6 | | | 67.183,2 | | | 67.183,2 | | | 67.183,2 | | | 67.183,2 | | |

| Leyenda | |
|---------|----------|
| | Festivos |
| | Sabado |
| | Domingo |

Nota: Desarrollo de una estrategia alternativa sobre la capacidad real, en donde se incrementaron los minutos haciendo que se trabaje los días sábados. De esta manera se consiguió aumentar los minutos de trabajo a los que serán necesarios. Elaborado por: El Autor (2023).

9.6. Anexo F

Productividad Global:

Figura 77

Desarrollo del cálculo de la productividad global

| Productividad Global | | | | |
|---|------------|---------------|-----------------------------|-------------------|
| Datos de Partida | | | | |
| Meses del año anterior | | | Meses Pronosticados | |
| Tiempo de producción | 480 | horas/hombre | Tiempo de producción | 480 horas/hombre |
| Salarios | 2,068 | por hora | Salarios | 2,068 por hora |
| Tiempo de producción | 420 | horas/máquina | Tiempo de producción | 420 horas/máquina |
| Coste maquinaria | 0,5 | por hora | Coste maquinaria | 0,5 por hora |
| Materia prima (mt hilo) | 200 | m | Materia prima (mt hilo) | 200 m |
| Costo de materia prima | 5 | \$ | Costo de materia prima | 5 \$ |
| Producto | 6070 | unidades | Producto | 6284 unidades |
| Precio de venta por unidad | 2 | \$ | Precio de venta por unidad | 2 \$ |
| Cálculo | | | Cálculo | |
| Productos | 12140 | \$ | Productos | 12568 \$ |
| MO | 992,64 | \$ | MO | 992,64 \$ |
| Maquinaria | 210 | \$ | Maquinaria | 210 \$ |
| Materia prima | 1000 | \$ | Materia prima | 1000 \$ |
| Total | 2202,64 | \$ | Total | 2202,64 \$ |
| Productividad global | 5,51156794 | | Productividad global | 5,70588022 |
| Tasa de variación de la productividad global | | | | |
| TVPG | 0,09715614 | | 10% | |

Nota: Se presenta el cálculo completo para la productividad con sus respectivos datos de partida. Elaborado por: El Autor (2023).