

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**“PROPUESTA DE INSTALACIÓN DE UNA MANOVIAS PARA DISMINUIR
EL TIEMPO EN LOS PROCESOS DE ARMADO Y APARADO DE LA
EMPRESA DE CALZADOS CALZATURE ATLÁNTICO S.A.C.”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

AUTORES: BR. DIAZ ROJAS, MARELVI ELIZABETH

BR. VASQUEZ MINAYA, FELIPE RODOLFO

ASESOR: ING. URCIA CRUZ, MANUEL

TRUJILLO – PERÚ

Fecha de Sustentación: 2019/10/16

ACREDITACIONES

TÍTULO: “PROPUESTA DE INSTALACIÓN DE UNA MANOVIAS PARA DISMINUIR EL TIEMPO EN LOS PROCESOS DE ARMADO Y APARADO DE LA EMPRESA DE CALZADOS CALZATURE ATLÁNTICO S.A.C.”

AUTOR (ES): BR. DÍAZ ROJAS, MARELVI ELIZABETH
BR. VÁSQUEZ MINAYA, FELIPE RODOLFO

APROBADO POR:

Dr. López Aguilar, Ángel Miguel
PRESIDENTE
N° CIP 21315

Ing. Muller Solón, José Antonio
SECRETARIO
N° CIP 41187

Ing. Villar Tiravanti, Lily Margot
VOCAL
N° CIP 55429

Ing. Urcia Cruz, Manuel
ASESOR
N° CIP 27703

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Carrera Profesional de Ingeniería Industrial para obtener el Título Profesional de Ingeniero Industrial, ponemos a vuestra disposición el presente Trabajo de Tesis titulado: **“PROPUESTA DE INSTALACIÓN DE UNA MANOVIA PARA DISMINUIR EL TIEMPO EN LOS PROCESOS DE ARMADO Y APARADO DE LA EMPRESA DE CALZADOS CALZATURE ATLÁNTICO S.A.C.”**; a fin de ser evaluado.

Este trabajo, es el resultado de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la formación profesional en la Universidad, aplicados para solucionar una problemática observada en la empresa Calzature Atlántico S.A.C.

Confiamos que el presente trabajo logre cubrir las expectativas que tienen al respecto, excusándonos anticipadamente de los posibles errores involuntarios cometidos en su desarrollo.

Trujillo, setiembre de 2019

Br. Vásquez Minaya, Felipe Rodolfo

Br. Díaz Rojas, Marelvi Elizabeth

DEDICATORIA

A mi Dios, por bendecirme en cada momento de mi vida.

A mis padres por ser mi inspiración para seguir adelante, por su amor y su confianza, estoy orgullosa de ellos, y agradezco a Dios por tenerlos conmigo.

A mis hermanos por la exigencia, a ser mejor cada día, por su confianza y sus cuidados. Estoy orgullosa de ustedes.

A mi hermana por su confianza, por su apoyo incondicional y por la dedicación que tiene al hacer las cosas, estoy muy orgullosa de ti china.

A mi Danita por ser mi fortaleza, para seguir adelante y por su amor incondicional.

Mareli Díaz

A mis padres, por su apoyo incondicional desde el comienzo de mi carrera hasta el final.

A mi hermana, por inspirarme a ser mejor persona cada día y por estar tanto en los buenos como malos momentos.

Felipe Vásquez

AGRADECIMIENTO

A dios por darme la vida, por acompañarme en cada experiencia que he tenido en el transcurso de los años y sobre todo por bendecirme en los momentos más abrumadores. Gracias por todo mi Dios

A mis padres, por el gran apoyo que me han brindado hasta el día de hoy, por su incondicional amor y confianza hacia mí persona. Gracias papitos bellos por darme la oportunidad de lograr uno de mis objetivos, el ser Profesional. LOS AMO MUCHO

A mis hermanos por apoyarme y cuidarme en cada paso que daba en mi carrera, por las enseñanzas a base de sus experiencias. Gracias hermanitos, LOS AMO.

A mi hermana y mejor amiga, ¡Mi China!, gracias por estar presente siempre en los momentos más difíciles de mi carrera, de mi vida, gracias por todo lo que me has dado hasta el día de hoy, nunca me cansare de agradecerte todo lo que has hecho por mí. TE AMO MUCHO MI CHINA.

A mi Danita, por darme su amor y su alegría, por ser mi fuerza para salir adelante, porque siempre será mi cachorron a pesar de los años, gracias por confiar en mí y por darme la confianza hablar contigo en cada momento, TE AMO MUCHO MI CACHORRON.

A mi cuñon, por brindarme su apoyo, su consideración y cariño, por la confianza, muchas gracias.

A Freddy, por el apoyo que me ha brindado en todo este proceso de mi titulación, quien me alentaba para terminar lo más antes posible. Gracias Freddy.

A mi asesor, Dr. Manuel Úrcia Cruz por todo el apoyo brindado en el proceso de la elaboración de la tesis, por sus palabras de aliento, su paciencia y por la confianza.

A mi toda mi familia, por su gran amor, apoyo y comprensión, asimismo por la presión que me daban cada vez que me preguntaban por la tesis, gracias familia. LOS AMO.

A mis mejores amigos, por su aliento, su apoyo, su amor, y su amistad, gracias por estar conmigo en todo momento. LOS QUIERO MUCHO.

Mareivi Díaz

Gracias a Dios, por permitirme la oportunidad de cumplir con mis objetivos y dotarme de fortaleza para afrontar la vida desde una perspectiva más optimista.

Gracias a nuestro asesor, Dr. Manuel Úrcia Cruz por su apoyo, paciencia y brindarnos la guía necesaria para la realización de esta tesis.

Al ingeniero Richard García, por apoyarnos con la información necesaria para el planteamiento y desarrollo de la presente tesis.

Felipe Vásquez

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como propósito reducir los tiempos en los procesos de armado y armado de la empresa de calzado Calzature Atlántico S.A.C. mediante la propuesta de instalación de un equipo de manejo de material especializado para calzado conocido como manovía.

El estudio desarrolla dicha propuesta mediante cinco objetivos específicos secuenciales que permiten determinar si esta es una alternativa de solución que posibilitará una mejora en los tiempos. Como primer objetivo se tiene el análisis de la distribución actual de la planta en función a los tiempos del proceso productivo del calzado; como segundo objetivo, elegir el equipo de manejo de material más adecuado mediante la aplicación del método jerárquico analítico; como tercer objetivo, la elaboración de la propuesta de redistribución, luego continuando con la simulación de los procesos con la propuesta de equipo de manejo de materiales y finalizando con el análisis y comparación de los tiempos y costos asociados actuales con las de la propuesta.

Los resultados obtenidos mediante la propuesta de instalación de la manovía permitieron reducir los tiempos de producción en los procesos de armado y armado en un 17.8% y 31% respectivamente, cuya reducción conllevó a un incremento en la capacidad de producción de 75 docenas/mes a 92 docenas/mes representando un incremento del 22% y por último reduciendo el costo de mano de obra en un 28% en el área de armado y 47% en el de armado.

Palabras Clave: Tiempo del Proceso, Equipo de Manejo de Material, Manovía, Distribución de Planta, Método Analítico Jerárquico, Simulación.

ABSTRACT

This research work has the purpose to reduce the time in the processes of stitching and assembly of footwear in the company Calzature Atlántico S.A.C. and is planned to do so by proposing the installation of a specialized footwear handling equipment known as “shoe conveyor”.

We begin with the first objective which consist in the analysis of the current plant layout according to the times of the production processes; then we continue choosing the most appropriate material handling equipment by applying the analytical hierarchical process; then as third objective we proceed to propose a new plant layout; then we continue with the simulation of the production process with the material handling equipment chosen and ending with the analysis and comparison of times and related costs.

The results obtained with the proposing of installation of the shoe conveyor allowed to reduce production times in the stitching and assembly processes in 17.8% and 31% respectively, whose reduction will result in an increase in the production capacity from 75 dozen of pair of shoes / month to 92 dozens of pair of shoes / month representing an increase of 22% and finally this also reduce the workforce cost in 28% for the stitching process and 47% for the assembly process.

Keywords: Process Time, Material Handling Equipment, Shoe Conveyor, Plant Layout, Analytic Hierarchy Process, Simulation.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
ÍNDICE	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xv
I. INTRODUCCIÓN	17
1.1. Realidad Problemática.....	17
1.2. Descripción del problema.....	18
1.3. Formulación del problema	18
1.4. Objetivos de la investigación	18
1.4.1. Objetivo General	18
1.4.2. Objetivos específicos.....	19
1.5. Justificación del Estudio.....	19
II. MARCO DE REFERENCIA	19
2.1 Antecedentes del estudio	19
2.2 Marco Teórico	23
2.3 Marco Conceptual	47
2.4 Hipótesis.....	48
2.5 Variables	48
2.5.1 Variable independiente: Instalación de una manovía.....	48
2.5.2 Variable dependiente: Tiempos en los procesos de armado y aparado	49
2.6 Operacionalización de Variables.....	50
III. METODOLOGÍA	51
3.1 Tipo y Nivel de investigación	51

3.1.1	Tipo de investigación	51
3.1.2	Nivel de investigación.....	51
3.2	Población y muestra	51
3.2.1	Población.....	51
3.2.2	Muestra.....	51
3.3	Diseño de investigación	52
3.4	Técnicas e Instrumentos de investigación	53
3.5	Procesamiento y análisis de datos	54
IV.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	55
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	125
	CONCLUSIONES	128
	RECOMENDACIONES	129
	REFERENCIAS	130
	ANEXOS.....	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Códigos Utilizados en un Diagrama de Análisis de Afinidades	34
Tabla 2. Escala de Saaty para la Comparación de Criterios.....	40
Tabla 3. Valores del Índice Aleatorio (RI) en Función al Número de Criterios	42
Tabla 4. Conjunto de Símbolos Utilizados para un Diagrama de Operaciones del Proceso de acuerdo con el Estándar ASME.	43
Tabla 5. Cuadro de Operacionalización de Variables	50
Tabla 6. Cuadro de Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	53
Tabla 7. Tiempos de Producción y Número de Trabajadores por Proceso	56
Tabla 8. Tiempos y Motivos de Demoras en los Procesos de Aparado y Armado.	56
Tabla 9. Criterios para la Comparación de Alternativas en el Método AHP	68
Tabla 10. Escala de Saaty para la aplicación del método AHP.....	69
Tabla 11. Matriz de Comparación de Importancia de los Criterios.	69
Tabla 12. Matriz de Importancia de los Criterios Normalizada y Cálculo de Pesos de los Criterios	70
Tabla 13. Cálculo de la Razón de Consistencia de la Matriz de Comparación de Criterios	70
Tabla 14. Matriz de Calificación de las Alternativas respecto al Criterio: Viabilidad de Uso.	71
Tabla 15. Cálculo de la Razón de Consistencia del Criterio: Viabilidad de Uso.....	71
Tabla 16. Matriz de Calificación de las Alternativas respecto al Criterio: Facilidad de Mantenimiento	72
Tabla 17. Cálculo de la Razón de Consistencia del Criterio: Facilidad de Mantenimiento	72
Tabla 18. Matriz de Calificación de las Alternativas respecto al Criterio: Seguridad.	73
Tabla 19. Cálculo de la Razón de Consistencia del Criterio: Seguridad.....	73
Tabla 20. Matriz de Calificación de las Alternativas respecto al Criterio: Velocidad de Operación	74
Tabla 21. Cálculo de la Razón de Consistencia del Criterio: Velocidad de Operación	74
Tabla 22. Matriz de Calificación de las Alternativas respecto al Criterio: Costo por Metro.	74
Tabla 23. Cálculo de la Razón de Consistencia del Criterio: Costo por Metro.....	75
Tabla 24. Matriz del Cálculo de Clasificación de las Alternativas.	75
Tabla 25. Códigos de Cercanía para la Elaboración del Diagrama de Relación de Actividades. ..	77
Tabla 26. Códigos de Razón para la Justificación de los Códigos de Cercanía	77
Tabla 27. Cuadro Resumen del Diagrama de Relación de Actividades.....	79
Tabla 28. Cálculo del Área Superficial Aproximada correspondiente al Área de Prefabricado. ...	81
Tabla 29. Cálculo del Área Superficial Aproximada correspondiente al Área de Preliminares	82

Tabla 30. Cálculo del Área Superficial Aproximada correspondiente al Área de Corte.....	83
Tabla 31, Cálculo del Área Superficial Aproximada correspondiente al Área de Aparado.....	84
Tabla 32. Cálculo del Área Superficial Aproximada correspondiente al Área de Armado	85
Tabla 33. Cálculo del Área Superficial Aproximada correspondiente al Área de Estampado.....	86
Tabla 34. Cálculo del Área Superficial Aproximada correspondiente al Área de Alistado	87
Tabla 35. Cálculo del Área Superficial Aproximada correspondiente al Área de Alistado	88
Tabla 36. Áreas Superficiales de Áreas Auxiliares al Proceso de Producción	88
Tabla 37. Cuadro de Comparación de las Propuestas de Redistribución	92
Tabla 38. Cuadro Comparativo Cuantitativo de la Distribución Actual vs la Propuesta	100
Tabla 39. Puntajes para la Calificación de Factores Cualitativos de las Distribuciones	101
Tabla 40. Cuadro Comparativo Cualitativo de la Distribución Actual vs la Propuesta	101
Tabla 41. Secuencia de Operaciones del Proceso de Aparado para el Modelo de Simulación....	103
Tabla 42. Secuencia de Operaciones del Proceso de Armado para el Modelo de Simulación.....	104
Tabla 43. Tipo de Distribución y Parámetros Relevantes de las Operaciones del Proceso de Aparado.....	107
Tabla 44. Tipo de Distribución y Parámetros Relevantes de las Operaciones del Proceso de Armado.....	108
Tabla 45. Comparación de los Tiempos Reales de los Procesos de Aparado y Armado vs los Tiempos Simulados	112
Tabla 46. Asignación de Trabajadores a las Operaciones en el Proceso de Aparado	112
Tabla 47. Asignación de Trabajadores a las Operaciones en el Proceso de Armado.....	113
Tabla 48. Cuadro Resumen de la Mano de Obra Necesaria para los Procesos de Aparado y Armado.....	115
Tabla 49. Cambios en los Parámetros Estadísticos de las Operaciones del Proceso de Aparado	116
Tabla 50. Cambios en los Parámetros Estadísticos de las Operaciones del Proceso de Armado.	117
Tabla 51. Comparación de los Tiempos Actuales con los Simulados en los Procesos de Aparado y Armado.....	120
Tabla 52. Tiempos Actuales y Simulados de los Procesos de Producción	121
Tabla 53. Cálculo del Costo de Mano de Obra Actual.....	122
Tabla 54. Cálculo del Costo de Mano de Obra de la Propuesta.....	123
Tabla 55. Comparación de los Costos de Mano de Obra Actual con el de la Propuesta.....	123
Tabla 56. Demanda mensual del Modelo T-25 correspondiente a los años 2017 y 2018	132
Tabla 57. Guía de Observación para el Análisis de la Distribución Actual	139
Tabla 58. Estimación del Tamaño de Población y Varianza para el Cálculo del Tamaño de Muestra.....	141

Tabla 59. Especificaciones Técnicas del Modelo T-25.....	142
Tabla 60. Registro de Tiempos de las Operaciones del Proceso de Aparado	147
Tabla 61. Registro de Tiempos de las Operaciones del Proceso de Armado	152
Tabla 62. Resultados del Tipo de Distribución de los Tiempos de las Operaciones del Proceso de Aparado.....	157
Tabla 63. Resultados del Tipo de Distribución de los Tiempos de las Operaciones del Proceso de Armado.....	163

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Transportador de Cinta Mecanizada: Cinta sobre Rodillo.....	24
Figura 2. Transportador de Rodillos Mecanizados: Cinta Sobre Rodillo	25
Figura 3. Manovía Eléctrica. Fuente: Elaboración Propia.	26
Figura 4. Funcionamiento del Movimiento de las Bandejas de la Manovía Eléctrica.	26
Figura 5. Ecuación del Manejo de Materiales.....	30
Figura 6. Diagrama de Relación de Actividades.....	35
Figura 7. Ejemplo de Plantilla del Diagrama Adimensional de Bloques.....	36
Figura 8. Diagrama Adimensional de Bloques.	37
Figura 9. Diagrama del Proceso de Producción del Modelo de Calzado T-25.	55
Figura 10. Distribución de Planta Actual con Medidas Generales.....	58
Figura 11. Distribución de Planta Actual con Distribución Real de Maquinaria.....	59
Figura 12. Diagrama de Recorrido entre Procesos de los Operarios para la Producción del Modelo T-25.....	60
Figura 13. Puntos de Tráfico Cruzado en el Recorrido entre Procesos de los Operarios para la Producción del Modelo T-25.....	60
Figura 14. Distribución del Área de Aparado y Diagrama de Recorrido del Operador.	61
Figura 15. Distribución del Área de Armado y Diagrama de Recorrido del Operador.....	62
Figura 16. Transportador Motorizado de Rodillos.....	64
Figura 17. Transportador Motorizado de Cinta Plana.	65
Figura 18. Transportador Motorizado de Cinta Plana.	66
Figura 19. Diagrama de Relación de Actividades aplicado en la Empresa Calzature Atlántico S.A.C.	78
Figura 20. Diagrama Adimensional de Bloques.	80
Figura 21. Propuesta Inicial de Distribución de Planta.....	89
Figura 22. Diagrama de Recorrido de la Propuesta Inicial de Distribución de Planta.	89
Figura 23. Puntos de Tráfico de la Propuesta Inicial de Distribución de Planta.....	90
Figura 24. Propuesta Alternativa de Distribución de Planta.....	91
Figura 25. Diagrama de Recorrido de la Propuesta Alternativa de Distribución de Planta.....	91
Figura 26. Puntos de Tráfico de la Propuesta Alternativa de Distribución de Planta.....	92
Figura 27. Redistribución de Maquinaria en el Área de Prefabricado.....	93
Figura 28. Redistribución de Maquinaria en el Área de Preliminares.....	94
Figura 29. Redistribución del Área de Corte.....	94
Figura 30. Redistribución de Maquinaria en el Área de Aparado.....	95
Figura 31. Redistribución de Maquinaria en el Área de Armado.....	96

Figura 32. Redistribución de Maquinaria en el Área de Alistado	97
Figura 33. Redistribución de Maquinaria en el Área de Estampado	98
Figura 34. Redistribución de Planta a Detalle	99
Figura 35. Modelo de Simulación del Proceso de Aparado	109
Figura 36. Modelo de Simulación del Proceso de Armado	110
Figura 37. Tiempo Simulado Total del Proceso de Aparado para la Validación del Modelo	111
Figura 38. Tiempo Simulado Total del Proceso de Armado para la Validación del Modelo	111
Figura 39. Tiempo Simulado Total del Proceso de Aparado para la Propuesta de Instalación de la Manovía	118
Figura 40. Tiempo Simulado Total del Proceso de Armado para la Propuesta de Instalación de la Manovía	118
Figura 41. Diagrama de Simulación para el Cálculo de la Capacidad de Producción Mensual	121
Figura 42. Capacidad de Producción Mensual con los Tiempos Actuales de los Procesos obtenidos en el Software Arena	121
Figura 43. Capacidad de Producción Mensual con los Tiempos de la Propuesta de Instalación de la Manovía obtenidos en el Software Arena	122
Figura 44. Resultados de encuesta 2018 – Tecnología con potencial para crear ventaja competitiva	132
Figura 45. Diagrama de Operaciones del Proceso de Producción del Modelo de Calzado T-25 ..	133

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

En la actualidad las empresas enfrentan una alta competitividad característica de un mercado globalizado y constantemente cambiante, esta situación no es ajena a la industria del calzado, y es la razón por la cual constantemente realizan mejoras en sus procesos y tratan de manejar más eficientemente sus recursos para así poder subsistir en este mercado cada vez es más exigente. De acuerdo al estudio realizado por el Instituto de Manejo de Materiales (2018), un punto crítico el cual la mayoría de gerentes de manufactura reconocen como un área primaria de oportunidades de mejora está relacionado con el sistema de flujo del material, dicho estudio concluye que entre el 30 y 85% del costo de llevar un producto al mercado está relacionado con el flujo de materiales, y que el 65% de las empresas encuestadas consideran que la automatización del flujo de materiales tiene potencial para crear ventaja competitiva, un 21% que juega un papel secundario y un 13.9% que tiene un pequeño impacto en la empresa (Ver Anexo 1).

El presente estudio se centrará en la empresa Calzature Atlántico S.A.C. dedicada a la fabricación de calzados de vestir para caballeros, localizada en el distrito de El Porvenir – Trujillo. La empresa realiza los siguientes procesos de transformación: Corte, aparado, armado y alistado, siendo su modelo de calzado de vestir T-25 el más demandado (Ver Anexo 2) y cuyos principales compradores son los organismos del estado peruano. Los tiempos de producción para este modelo son los siguientes: corte: 2.52 horas/docena; aparado: 10.68 horas/docena; armado: 10.91 horas/docena y alistado: 3.55 horas/docena (Ver Anexo 3) en los cuales es notorio que los procesos de aparado y armado tienen tiempos excesivos comparados con el de los demás procesos. Luego en base a la guía de observación (Ver Anexo 4) se identifica que el principal problema está relacionado con el manejo de materiales ya que en ambos procesos hay demoras por constantes traslados, tráfico cruzado, retrocesos y máquinas ocupadas además de organización poco segura de la maquinaria y pasillos poco definidos y reducidos.

Adicionalmente, la empresa trabaja bajo pedido de los clientes, y es, en esta modalidad en la que la rapidez de entrega es un factor que prima y que determinará el nivel de satisfacción que tienen los clientes respecto a la labor que ejerce la empresa, siendo así, no es necesario sacrificar la calidad del producto para lograr rapidez cuando se pueden aprovechar otros factores para lograr el mismo fin. Es así que, es necesario modificar la forma en que se traslada y procesa el material con la finalidad de disminuir los tiempos en los procesos de armado y armado requiriéndose además volver a evaluar la distribución general de la planta ya que un cambio en el sistema de manejo de materiales afectará la distribución física actual.

Siendo así, está claro que la empresa debe hacer énfasis en el análisis y solución de problemas del flujo de materiales pues cada operación en un proceso requiere que los materiales estén a tiempo en un momento determinado en la cadena de producción, y esto a su vez debe estar acorde a la eficiencia del flujo de material y utilización de las instalaciones de la planta.

1.2. Descripción del problema

Demora en los procesos de armado y armado que retrasan el proceso de producción de calzados.

1.3. Formulación del problema

¿En qué medida la propuesta de instalación de una manovía disminuirá el tiempo en los procesos de armado y armado de la empresa de calzado Calzature Atlántico S.A.C.?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

- ❖ Proponer la instalación de una manovía para disminuir el tiempo en los procesos de armado y armado de la empresa de calzado Calzature Atlántico S.A.C.

1.4.2. Objetivos específicos

- ❖ Analizar la distribución actual en función a los tiempos del proceso productivo.
- ❖ Elegir el equipo de manejo de material usando el método AHP.
- ❖ Elaborar la propuesta de redistribución.
- ❖ Simular el proceso con la alternativa seleccionada.
- ❖ Analizar y comparar tiempos y costos asociados.

1.5. Justificación del Estudio

1.5.1. Justificación Tecnológica

Este estudio mejorará la forma en la que se trasladan los calzados a través de la línea de producción de la empresa, buscando implementar un dispositivo especializado y adaptable a las necesidades de producción, en términos de cantidad y velocidad, dentro de un ámbito organizado.

1.5.2. Justificación Empresarial

Este estudio ofrecerá a la empresa Calzature Atlántico S.A.C. una alternativa para la reducción de tiempos de procesamiento del calzado que elabora y que se verá reflejado en la rapidez de entrega de los productos y en la disminución de costos de producción.

1.5.3. Justificación Teórica

El trabajo realizado aportará al conocimiento existente sobre el uso de maquinarias de transporte de materiales como alternativa para disminuir retrasos en un proceso de producción, así como una guía para los estudiantes cuyos trabajos presenten una problemática similar.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Antecedentes del estudio

Para la elaboración de la investigación se ha tomado en cuenta estudios anteriores como:

Jijón Klever (2013), en su tesis titulada “Estudio de tiempos y movimientos para mejoramiento de los procesos de producción de la empresa calzado Gabriel”, para obtener el título de ingeniero industrial en procesos de automatización, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. La presente investigación se orientó al análisis que se hace a cada proceso de producción a través de la encuesta, entrevista dirigida al jefe de producción y obreros de calzado Gabriel, largas distancias de transporte entre estaciones de trabajo, las herramientas y materiales no están disponibles y de fácil acceso, en el método de trabajo se utilizan muchas actividades que no agregan valor al producto, tales como transporte y posicionamiento, además no se utiliza protección personal y es evidente la poca aplicación de principios ergonómicos en el mobiliario que utiliza el obrero. Se determinan los movimientos que tanto materia prima como obreros realizan dentro del proceso de producción a través de diagramas de recorrido, cursograma sinóptico y cursogramas analíticos, luego se procede a la toma de tiempos de los procesos actuales mediante herramientas del estudio del trabajo y se obtiene como resultado: Se requiere de 863,23 min para realizar un lote de producción de 48 pares de zapato modelo L25, el material recorre a través del proceso una distancia total de 509,07 m.

Aporte: El aporte de la presente tesis permitirá a nuestra investigación tener en cuenta que para encontrar la causa raíz del problema debemos realizar ciertas técnicas como la entrevista, el análisis documental, entre otros. Asimismo, se deberán elaborar los diagramas de operaciones del proceso para el diagnóstico.

Díaz Jhonatan (2012), en su tesis titulada “Automatización del proceso de corte en una empresa de calzado”, para obtener el título de ingeniero industrial, Universidad San Buenaventura Seccional Cali, Santiago de Cali, Colombia. La presente investigación se orientó al estudio de ingeniería de métodos calculando la eficiencia del proceso actual y con proyección a futuro con base a la cantidad de trabajadores mínimo utilizado para la elaboración de los productos, con los que se obtuvo una eficiencia del 36% para el proceso que se maneja antes y un 62% de eficiencia proyectada con la propuesta, de igual manera se proporcionó el diagrama mejorado de proceso y el rediseño de la estación de corte conjuntamente con la asignación de personal por estación y la sugerencia de la compra de una máquina para corte. Se necesitó realizar una nueva distribución de espacio físico, para la maquinaria, reasignación de actividades para cada uno de los trabajadores y reasignación de trabajadores a las estaciones de trabajo, esto se hace necesario, ya que en producción no se tenía definido un modelo de producción a seguir. En la evaluación económica de las

propuestas se observa que al implementar los cambios en la estación de trabajo se minimiza la cantidad de materia prima utilizada, mano de obra y tiempo, situaciones que contribuyen a mejorar el proceso en cadena, ya que una situación lleva a la otra, el ahorro obtenido de la implementación es de \$10.428.000 en los 22 días de labores mensuales.

Aporte: El aporte de la presente tesis permitirá a nuestra investigación evaluar la distribución actual de la empresa y así considera una nueva distribución para la instalación de la manovía

Henríquez D. y Linfa, R. (2014), en su tesis titulada “Diseño de mejoras para los procesos de producción y manejo de materiales en una fábrica de muebles para el hogar ubicada en el área metropolitana de Caracas”, para obtener el título de Ingeniero Industrial, Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela. La presente investigación se orientó a reducir los tiempos de fabricación de los productos de tapicería y reducir las limitaciones en el proceso productivo, se elaboró una propuesta para la incorporación de un ayudante para el área de Tapicería, para disminuir la carga laboral del tapicero. Esta propuesta generará un gasto anual de Bs.94.108,23 (PEN 1,2778) y proporcionará una mejora de 50,76% en promedio que representa un incremento en las ganancias de Bs. 559.772,89 (PEN 7,6008) por año. Por otra parte, con la finalidad de aumentar la capacidad de producción en la estación de Pintura, se elaboró un conjunto de propuestas entre las que se encuentra la construcción e instalación de tres (3) cuartos de secado, dos (2) cabinas de pintura y la elaboración de diversos equipos de manejo de material, así como la modificación en la metodología del proceso de pintura y la redistribución de las áreas de Piso 2, se logra obtener un mejor aprovechamiento del recurso Pintor, obteniéndose un mejoramiento anual de la producción del 49,5% para la línea de productos de MDF, el cual representa un incremento en las ganancias de la compañía de Bs. 1.129.762,98 (PEN 15,3404) por año a precios corrientes.

Aporte: El aporte de la presente tesis permitirá a nuestra investigación conocer como el diseño de equipos de manejo de materiales contribuye a disminuir los tiempos de fabricación de los productos.

Solórzano, D. y Tasayco, G. (2013), en su tesis titulada “Automatización de la operación de acabado de cantos del proceso productivo de calzado para niños”, para obtener el título de ingeniería industrial, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. La presente investigación se orientó a la automatización de la operación de acabo llegando a la

conclusión de que la máquina de acabado de cantos mejora el método de trabajo de la operación, automatizando una operación manual, liberando recurso humano de tareas que no agregan valor, mejorando la eficiencia del método de trabajo. Asimismo, mejora los tiempos de operación, elevando la eficiencia en un 73% y elevando la productividad en un 10%. La máquina de acabado de cantos minimiza el riesgo de contaminación con el tinte a niveles aceptables, convirtiéndola en una operación segura y eliminando las carencias de recursos de prevención de riesgos.

Aporte: El aporte de la presente tesis permitirá a nuestra investigación considerar y evaluar la variable independiente de acuerdo a los beneficios que se logran gracias a la automatización.

Esposito, Gladys (2017), en su tesis titulada “Automatización del área de armado para incrementar la producción en la empresa calzados Mantaro Huancayo 2017”, para obtener el título de Ingeniera Industrial, Universidad Peruana de los Andes, Huancayo, Perú. La presente investigación se orientó a la automatización del área de armado la cual incrementó la producción en la Empresa Calzados, es decir, en 10 horas realizaban manualmente 5 docenas/día de calzado escolar y con la máquina armadora realizan en 10 horas 11 docenas/día de calzado escolar, realizando un incremento de 6 docenas/día, en campaña escolar, esto se llevó a cabo gracias a la identificación de los procesos del área de armado, la cual mejoró la calidad del calzado y redujo los tiempos de producción e incrementó la producción en dos docenas/día fuera de campaña escolar. Asimismo, se redujo los productos de calzado en re-procesos y productos defectuosos. Finalmente, la reducción de desperdicios trajo consigo la reutilización en los productos como: llaveros y monederos.

Aporte: El aporte de la presente tesis en nuestra investigación fue comprender que la instalación de una máquina llega a tener beneficios grandes en la producción de calzados, como el aumento de la producción que conlleva así mismo a una disminución de tiempo.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Equipos para el manejo de materiales

Según Zandin (2005), el equipo para el manejo de materiales es cualquier soporte físico que se usa para sostener, posicionar, pesar, transportar, levantar, manipular o controlar el flujo de materias primas, el trabajo en proceso o los bienes terminados. Esto abarca equipos que pueden ir desde la más pequeña plantilla de guía hasta el camión más grande usado para el transporte.

Según Meyers y Stephens (2006), la adquisición de equipos para el manejo de materiales debe justificar su costo. El dinero para pagar dicho equipo debe provenir de las disminuciones en mano de obra, materiales o costos indirectos, y los gastos deben recuperarse en dos años o menos.

2.2.1.1 Transportadores

Según Zandin (2005), los transportadores son todo equipo que mueve el material o las cargas en forma continua entre dos lugares y se extiende a lo largo del recorrido usado. Hay transportadores que mueven una variedad de artículos, desde arena y grava a cajas de bienes terminados, o bien hasta tarimas con cajas de bienes terminados. Hay dos categorías principales:

- Transportador de manejo de material suelto: incluyen diseños con cuchara, neumáticos, de tornillo, batea y vibratorios. Transportan materiales como arena y grava suelta.
- Transportador de manejo de unidades de carga: incluyen toboganes, ruedas, rodillos, cintas, rodillos mecanizados y muchas variedades más. Este tipo de transportador se usa para mover bienes terminados en bolsas, cajas de cartón, sacos, bidones y otros.

El autor destaca que la mayor parte de los transportadores que se encuentran en los sistemas de distribución caerán en una de las siguientes categorías: Transportadores por fuerza de gravedad y transportadores motorizados.

A) Transportador motorizado

De acuerdo con el Instituto de Manejo de Materiales (2016), un transportador motorizado es todo transportador cuyo movimiento se debe al uso de motores.

Por otra parte, Zandin (2005) define que una cinta transportadora operada por electricidad es una cinta motorizada. Se diseña para que transporte casi cualquier cosa. El tipo de cinta motorizada que se use en una aplicación depende de cada factor del sistema: el tamaño y el peso del producto, el medio ambiente de operación, las unidades de carga de superficie (irregular o lisa) y muchos otros. Antes de elegir un tipo de cinta, rodillo o cadena de cinta motorizada hay que conocer todas las variables lo más lejano posible en el futuro. Asimismo, el autor clasifica a los transportadores motorizados en: Transportadores de cinta, transportadores con rodillos mecanizados, transportadores de acumulación y transportadores con carros de transferencia.

- **Transportador de cinta:** Asimismo el autor define un transportador de cinta (Ver Figura 1) como una tira de tela, (plástico, metal, goma, cuero, etc) que se monta sobre un rodillo de tracción y otro de tensión. Esto permite que la tira corra entre dos estructuras apoyada sobre una cama deslizante de chapa de metal o sobre rodillos montados entre las estructuras, los transportadores de cintas se usan en un plano horizontal o para planos inclinados. En los sistemas de transportadores para paquetes, todos los planos inclinados son bandas de este tipo. Estas permiten que se mida el ritmo de las cargas, su colocación exacta y el transporte de cargas con superficies suaves/irregulares. También existen transportadores de cinta en formas curvas y en espiral.

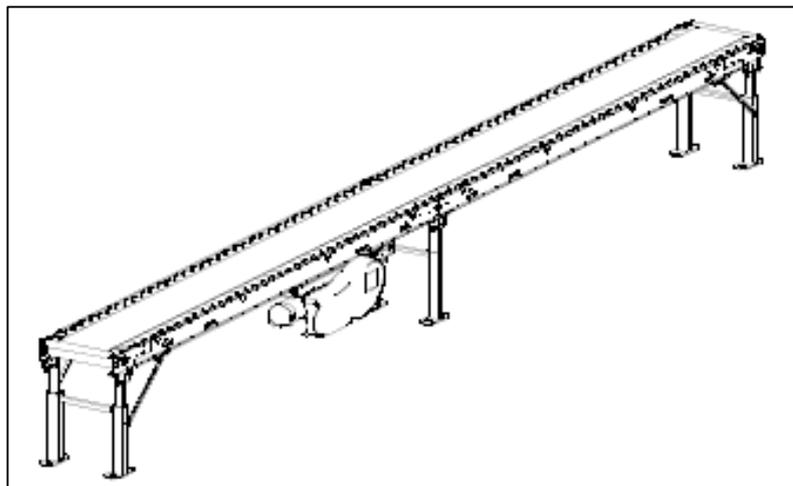


Figura 1. Transportador de Cinta Mecanizada: Cinta sobre Rodillo (Cortesía de Rapistan Systems). Fuente: Manual del Ingeniero Industrial Tomo II

- **Transportador de rodillo mecanizado:** Según Zandin (2005), los transportadores de rodillo mecanizado (Ver Figura 2) consisten en rodillos montados entre estructuras que

se mueven gracias a distintas maneras de tracción. Se usan para una variedad mucho más amplia de aplicaciones que los transportadores de cinta. Se utilizan para entrar o salir de una línea en una cinta transportadora, para acumulación, cargas pesadas y ambientes difíciles (sucios, con aceite, temperaturas extremas) a fin de minimizar el número de máquinas de tracción en un sistema. Cada una de esas aplicaciones puede requerir un tipo diferente de tracción para los rodillos:

- De cinta plana (tracción por cinta)
- De cinta en V.
- De cable.
- De eje en línea.
- De cadena.

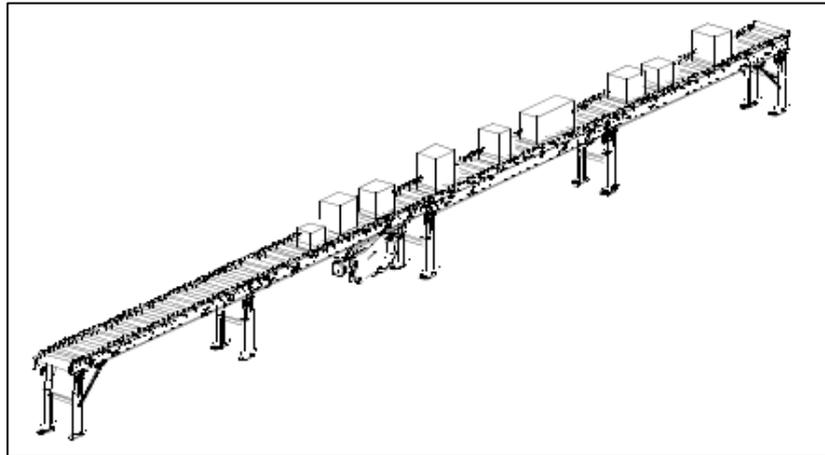


Figura 2. Transportador de Rodillos Mecanizados: Cinta Sobre Rodillo (Cortesía de Rapistan Systems). Fuente: Manual del Ingeniero Industrial Tomo II.

- **Manovía:** Según el Instituto de Manejo de Materiales (2016), una manovía es un dispositivo motorizado de tipo vertical especializado para el transporte y manejo de calzado (Ver Figura 3). Entre algunas de las características típicas de una manovía se destacan las siguientes:
 - Consta de un conjunto de carritos que pueden contener un porta hormas y un número de bandejas divididas y espaciadas de acuerdo a las necesidades de producción.
 - Son dispositivos que solo se pueden extender linealmente y su longitud se puede ajustar según las necesidades de producción.
 - Se ajusta para cualquier estilo de zapato.
 - Su velocidad de operación oscila entre 1 a 4 m/min.

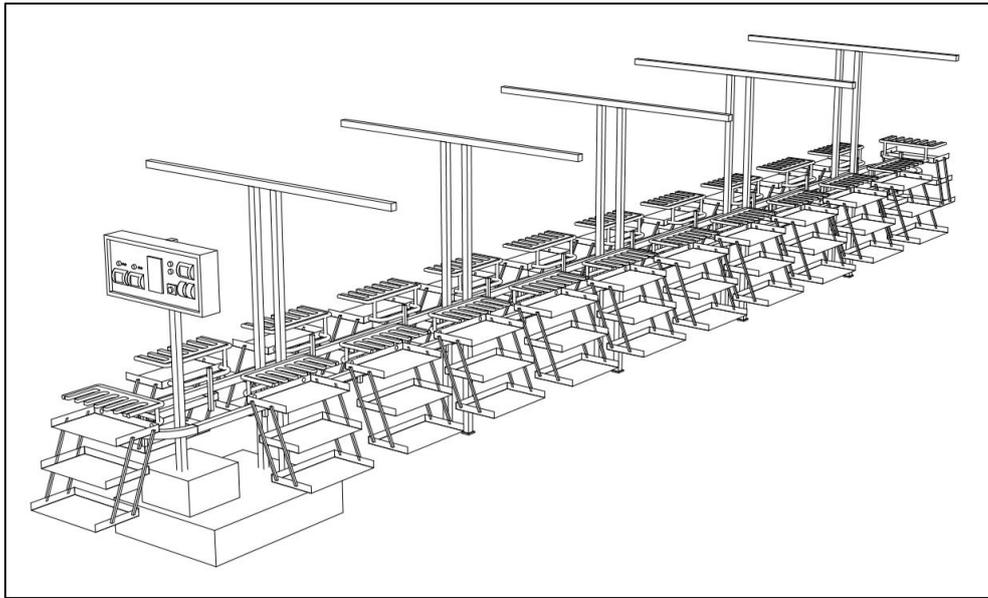


Figura 3. Manovía Eléctrica. Fuente: Elaboración Propia.

Sobre las bandejas de cada carrito de la manovía se pueden realizar diversas operaciones manuales, y luego utilizarse para el transporte del producto en proceso hasta la siguiente operación de la cadena productiva (Ver Figura 4).

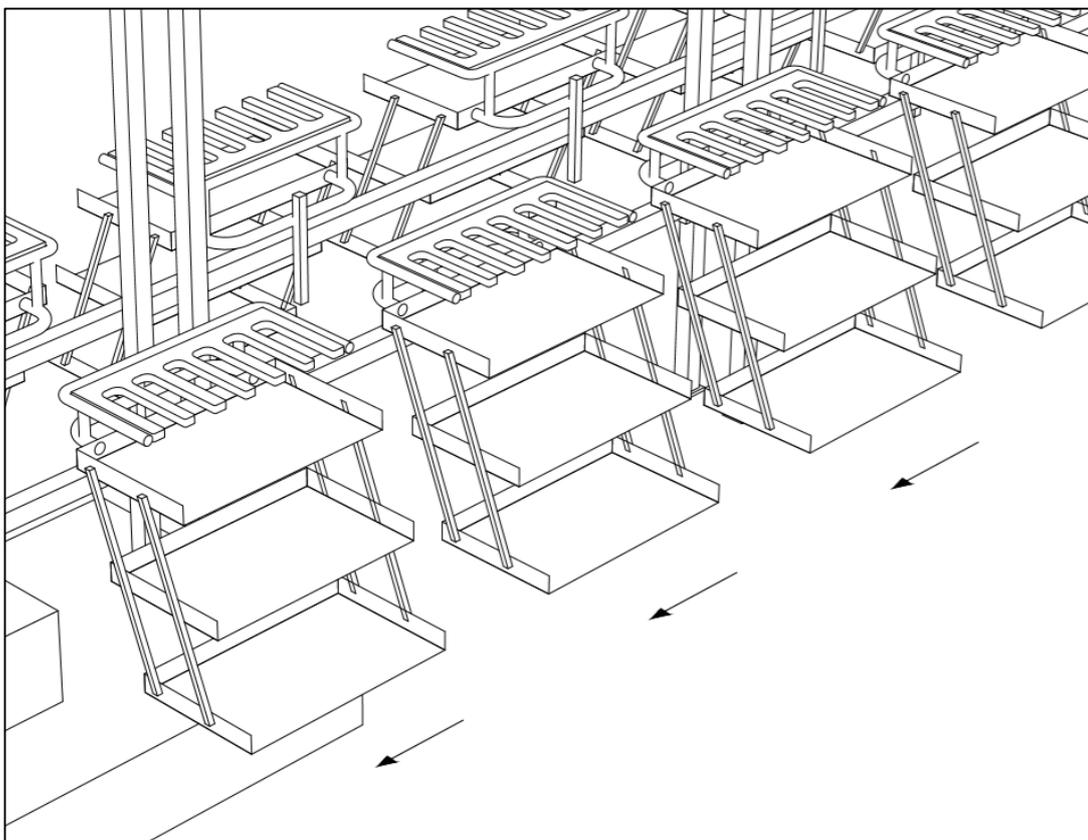


Figura 4. Funcionamiento del Movimiento de las Bandejas de la Manovía Eléctrica. Fuente: Elaboración Propia.

2.2.1.2 Principios para el manejo de materiales

Según Zandin (2005), los analistas deben de buscar asiduamente formas de eliminar las ineficiencias en el manejo de materiales sin que se llegue a perturbar la seguridad de los trabajadores, para esta labor, el Instituto de Manejo de Materiales ha desarrollado 10 principios para ello:

- **Principio de planificación:** El autor precisa que todo manejo de materiales debe ser el resultado de un plan deliberado en el cual se definen por completo y en primer lugar las necesidades, los objetivos de rendimiento y las especificaciones. Es decir, no se debe desarrollar el plan en vacío, sino con la participación de todos quienes usarán, administraran o de alguna manera resultaran afectados por el equipo que se usará.
- **Principio de estandarización:** El autor especifica que los métodos de manejo de materiales, equipo, controles y software deben estar estandarizados dentro de los límites de alcanzar los objetivos generales de rendimiento y sin sacrificar la flexibilidad, la modularidad y el resultado necesario.
- **Principio de trabajo:** El autor precisa que el trabajo de manejo de materiales debe minimizarse sin sacrificar la productividad o el nivel de servicio que se requiere en la operación. La medida del trabajo en el manejo de materiales es el flujo (volumen, peso o conteo por unidad de tiempo) multiplicado por la distancia del movimiento.
- **Principio de ergonomía:** El autor precisa que los factores humanos, en la forma de capacidades y limitaciones deben reconocerse y respetarse en el diseño de tareas y equipo de manejo de materiales para garantizar operaciones seguras y eficaces en el sistema.
- **Principio de unidad de carga:** El autor especifica que una unidad de carga es una carga que se almacena como una entidad física – como una plataforma, en envase o una bolsa -, sin que importe el número de piezas individuales (una o muchas) que la conforman. Las unidades de carga deben tener un tamaño y una configuración que alcancen los objetivos del flujo de material e inventario en cada etapa de la cadena de suministros.

- **Principio de utilización del espacio:** El autor precisa que todo el espacio disponible debe utilizarse con eficacia y eficiencia. En el manejo de materiales, el espacio es tridimensional y, en consecuencia, se considera espacio cúbico.
- **Principio de sistema:** El autor especifica que el movimiento de materiales y las actividades de almacenamiento deben estar integrados por completo a fin de formar un sistema coordinado y operacional que abarque la recepción, el almacenamiento, la producción, el montaje, el empaque, la división en unidades, la selección de pedidos, el transporte y el manejo de las devoluciones.
- **Principio de automatización:** El autor detalla que la operación de manejo de materiales debe mecanizarse y/o automatizarse, donde sea viable mejorar la eficiencia operacional, aumentar la respuesta, mejorar la uniformidad y la predictibilidad, reducir los costos operativos y eliminar la mano de obra repetitiva o potencialmente insegura.
- **Principio de medio ambiente:** El autor especifica que el consumo de energía de un sistema de manejo de materiales, junto con su impacto sobre el medio ambiente, debe ser un criterio de evaluación entre las alternativas.
- **Principio de costo de ciclo vital:** Por último, el autor precisa que un análisis económico completo debe dar cuenta del ciclo vital completo de todo el equipo de manejo de materiales y los sistemas resultantes.

2.2.1.3 Criterios para reducir el tiempo empleado en el manejo de materiales

Según Niebel y Freivalds (2009), los puntos siguientes deben tomarse en cuenta para reducir el tiempo empleado en el manejo de materiales son los siguientes:

- **Reducción del tiempo invertido en recoger materiales:** Con frecuencia, del manejo de materiales sólo se considera el transporte, sin tener en cuenta la ubicación de ellos en la estación de trabajo, lo cual es igualmente importante. Debido a que a veces se pasa por alto, la ubicación del material en la estación de trabajo puede ofrecer oportunidades de ahorro tan grandes como el transporte. La reducción del tiempo invertido en recoger materiales minimiza el cansancio, el manejo manual costoso de la máquina o del lugar de trabajo. Proporciona al operador la oportunidad de realizar el trabajo más rápido con menos fatiga y una mayor seguridad.

Por lo general, algún tipo de banda transportadora o patines mecánicos pueden llevar el material a la estación de trabajo, lo cual reduce o elimina el tiempo necesario para recoger el material. Las plantas pueden instalar también bandas transportadoras por gravedad, en conjunto con la remoción automática de las partes terminadas, para minimizar el manejo de materiales en la estación de trabajo.

- **Utilización de equipo mecánico:** Los autores afirman que, por lo general, la mecanización del manejo de materiales reduce los costos de mano de obra, los daños de los materiales, mejora la seguridad, disminuye la fatiga e incrementa la producción. Sin embargo, se debe tener mucho cuidado en el momento de seleccionar el equipo y los métodos apropiados. La estandarización del equipo es importante debido a que simplifica el entrenamiento del operador, permite el intercambio del equipo y requiere de un número reducido de partes de repuesto.

a) Criterios para seleccionar el equipo adecuado: Según Meyers y Stephens (2006), se debe realizar las siguientes preguntas cuando se tiene que seleccionar un equipo de manejo de materiales: ¿Qué pieza de equipo para manejar materiales debe usarse? ¿Qué problemas deben estudiarse primero? ¿Debe hacerse una entrevista antes de analizar los problemas individuales de manejo de materiales? Éstas son las preguntas comunes que se plantea un ingeniero de proyecto nuevo. Es fácil elegir donde comenzar: se recaba información sobre el producto (material) y el movimiento (trabajo). La ecuación de manejo de materiales (Ver Figura 5) es el plan hacia un enfoque sistemático para la solución por medio del equipo. Si se comprende el material más el movimiento, se desarrollará el elemento apropiado de equipo.

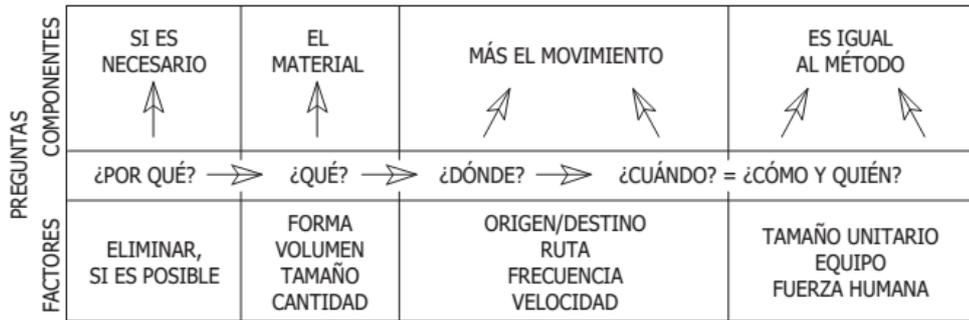


Figura 5. Ecuación del Manejo de Materiales. Fuente: Diseño de Instalaciones de Manufactura y Manejo de Materiales.

Asimismo, los autores presentan la siguiente lista de preguntas específicas por hacer:

1. ¿Por qué se hace este movimiento? (¿Por qué?) Esta pregunta se plantea, en primer lugar, porque si no hay una buena respuesta para ella, el movimiento puede eliminarse. Con la combinación de operaciones se evitará el movimiento entre ellas. Es posible combinar máquinas (llamadas celdas de manufactura) y eliminar los movimientos.
2. ¿Qué se está moviendo? (¿Qué?) La comprensión de lo que se mueve requiere conocer el tamaño, la forma, el peso y el número de los objetos, así como el tipo de material. Una vez que se sabe lo que necesita trasladarse, se tiene la mitad de la información que se requiere para efectuar la selección del equipo.
3. ¿De dónde y hacia dónde se mueve el material? (¿Dónde?) Si el movimiento siempre es el mismo, se garantiza una técnica de trayectoria fija (transportador). Si cambia de una parte a otra, se usa una de trayectoria variable (camión industrial). Si la trayectoria es corta, tal vez se use la gravedad (por ejemplo, rampas, rodillos, patines).
4. ¿Cuándo necesita moverse? (¿Cuándo?) ¿El movimiento ocurre una vez o dos al día? Si es así, se requiere un camión industrial. Si sucede varias veces por minuto se emplea un transportador. Después de la pregunta número 5 se presentarán algunos ejemplos de análisis de la ecuación “material + movimiento = método”.
5. ¿Cómo se llevará a cabo el movimiento? (¿Cómo?) ¿A mano, con un transportador o un montacargas? Hay muchas opciones y el objetivo es el método más eficiente en cuanto a costo.

- **Uso eficiente de los recursos existentes para el manejo de materiales:** Asimismo los autores destacan que, con la finalidad de asegurar el mayor retorno de la inversión del equipo utilizado para el manejo de materiales, éste debe utilizarse de una manera eficiente. De esta forma, tanto los métodos como el equipo deben ser lo suficientemente flexibles como para permitir que se pueda llevar a cabo una gran variedad de tareas asociadas con el manejo de materiales en condiciones muy diversas. El entarimamiento de materiales es una opción viable para el almacenamiento tanto temporal como permanente y permite que sean transportadas mayores cantidades más rápido que en el caso del almacenamiento de materiales sin el uso de plataformas o tarimas, lo cual ahorra hasta 65% de los costos asociados con la mano de obra. A menudo, el material puede manejarse de mejor manera mediante el diseño de estantería especial. En este caso, los compartimentos, ganchos, remaches y soportes para detener el trabajo deben ser múltiplos de 10 para facilitar el conteo durante el procesamiento y la inspección final. Si cualquier equipo para manejar materiales se utiliza sólo temporalmente, considere la posibilidad de mantenerlo en operación el mayor tiempo posible. A través de la reubicación de las instalaciones de producción o la adaptación de equipo para el manejo de materiales a las diversas áreas de trabajo, las compañías pueden lograr una gran utilización.

- **Manejo cuidadoso de materiales:** En este punto los autores resaltan que los estudios industriales indican que el 40% de los accidentes acaecidos en plantas industriales suceden durante las operaciones que involucran el manejo de materiales. De éstos, 25% son causados por el levantamiento y desplazamiento de materiales. Es por esto que el uso de dispositivos mecánicos (siempre que sea posible) puede contribuir a reducir la fatiga y los accidentes que afectan a los empleados. Las estadísticas demuestran que la fábrica más segura es también la más eficiente. Varios aspectos como la presencia de guardas de seguridad en puntos de transmisión de energía eléctrica, prácticas operativas más seguras, buena iluminación y una buena economía interna son esenciales para hacer más seguro el manejo de materiales. Los trabajadores deben instalar y operar todos los equipos para el manejo de materiales de una manera compatible con los códigos de seguridad vigentes en la actualidad.

Adicionalmente destacan que un mejor manejo de materiales reduce los daños que pueden sufrir los productos. En general, las partes dañadas durante el manejo de

materiales pueden minimizarse si se fabrican estantes y bandejas especialmente diseñadas para colocar las piezas inmediatamente después de ser procesadas.

2.2.2 Distribución de planta

Según Meyers y Stephens (2006), la distribución es el arreglo físico de máquinas y equipos para la producción, estaciones de trabajo, personal, ubicación de materiales de todo tipo y en toda etapa de elaboración, y el equipo de manejo de materiales. Según estos autores el manejo de materiales está tan involucrado con la distribución física del equipo que, en la práctica, que es usual tratar los dos temas, como uno solo. Un cambio en el sistema de manejo de materiales modificará la distribución, y si ésta cambia, el sistema de manejo se transformará.

2.2.2.1 Tipos de distribución de planta

Según Heizer y Render (2007), las decisiones de distribución de planta buscan determinar la mejor ubicación de la maquinaria (en el entorno de producción), de oficinas, mesas de trabajo y demás mobiliario (en entornos de oficinas), siendo así, una distribución eficaz facilita el flujo de materiales, personas e información dentro de cada área y entre ellas.

Por otra parte, Muther (1980) afirma que existen diversos tipos de distribución de planta, sin embargo, en la realidad a menudo no se encontrarán distribuciones en forma pura, sino que usualmente están combinadas con algún otro tipo de distribución, que en ocasiones son difíciles de distinguir. La mayor parte de las buenas distribuciones son una combinación o modificación de los seis tipos de distribución. Aprovechan las ventajas de cada tipo en su lugar apropiado para reducir los costes de manipulación y la cantidad de material en proceso, conservando, al mismo tiempo, la flexibilidad y elevada utilización del hombre y de la máquina.

- Orientado al proceso

Según Heizer y Render (2007), una distribución orientada al proceso se suele emplear para una producción de bajo volumen y alta variedad, tal que puede realizar simultáneamente una amplia variedad de productos o servicios. En esta distribución se agrupan maquinaria y equipos similares en departamentos y un producto o una pequeña orden se produce trasladándolo de un departamento a otro según la secuencia requerida por el producto.

Los autores además destacan que en un diseño orientado al proceso la táctica más común es colocar las secciones o centros de trabajo de forma que se minimicen los costes de movimiento de materiales.

Por otra parte, los autores aseguran que una desventaja de este tipo de distribución es que las órdenes de producción necesitan más tiempo para moverse por el sistema, debido a una difícil programación, a las preparaciones y cambios en los equipos, y al singular movimiento de materiales, además requieren altas habilidades de la mano de obra, y los inventarios de trabajo en proceso de fabricación o semielaborado son mayores debido al desequilibrio existente entre los procesos de producción.

- **Orientado al producto**

Según Heizer y Render (2007), una distribución orientada al producto se organiza alrededor de productos o familias de productos similares con altos volúmenes y baja variedad. La producción repetitiva y la producción continua utilizan esta distribución.

Según los autores las líneas de fabricación y las de montaje son distribuciones orientadas al producto. En una línea de montaje el producto se desplaza, por lo general, por medios automáticos, como una cinta transportadora, a través de una serie de estaciones de trabajo hasta que se completa el ensamblaje.

2.2.2.2 Metodología SLP

Según Niebel y Freivalds (2009) la distribución sistemática de distribuciones desarrollado por Muther (1973) tiene por objetivo ubicar dos áreas con grandes relaciones lógicas y de frecuencia cercanas entre sí mediante el uso de un procedimiento de seis pasos:

1. Diagramar las relaciones.
2. Establecer las necesidades de espacio.
3. Elaborar una representación visual de las diferentes actividades (propuesta inicial).
4. Elaborar una representación espacial escalando las áreas en términos de su tamaño relativo.
5. Evaluar distribuciones alternativas.
6. Selección e instalación de la distribución.

- **Diagrama de Recorrido**

Según Meyers y Stephens (2006), los diagramas de recorrido o flujo muestran la trayectoria que recorre cada parte, desde la recepción, los almacenes, la fabricación de cada parte, el sub-ensamble, el ensamble final, el empaque, el almacenamiento y el envío. Estas trayectorias se dibujan en una distribución de planta y pondrá en manifiesto factores como tráfico cruzado, retrocesos y distancia recorrida.

- **Diagrama de relación de actividades**

Según Meyers y Stephens (2006), un diagrama de la relación de actividades también llamado diagrama de análisis de afinidades, es aquel que nos muestra las relaciones de cada departamento, oficina o área de servicios, con cualquier otro departamento y área. Este diagrama responde a la pregunta ¿Qué tan importante es para este departamento, oficina o instalación de servicios, estar cerca de otro departamento, oficina o instalación de servicios?

Para elaborar este diagrama se usan códigos de cercanía para reflejar la importancia de cada relación. Los autores proponen la siguiente notación:

Tabla 1. Códigos Utilizados en un Diagrama de Análisis de Afinidades

Código	Definición
A	Absolutamente necesario que estos dos departamentos estén uno junto al
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinariamente importante
U	Sin importancia
X	No deseable

Nota: Fuente: Diseño de Instalaciones de Manufactura y Manejo de Materiales.

El código A debe restringirse al movimiento de cantidades masivas de material entre departamentos. También podría clasificarse con código A la necesidad de que números importantes de personas se trasladaran. No obstante, hay que tener cautela en el uso de este importante código; de otro modo se convertiría en algo de poca utilidad. Luego, si hubiera alguna duda de que se trate de un código A, es mejor usar el código E, por ejemplo, este

denotaría que se mueve mucho material o gran cantidad de personas entre los dos departamentos, pero no todo o todas lo hacen al mismo tiempo. Los códigos I y O se usan si se desea algún nivel de importancia, pero dichos códigos no son tan útiles como los otros. No es buena idea omitirlos, al menos en los primeros diseños de distribuciones. El código U es útil porque informa que no se necesita actividad o interfaz entre dos departamentos. Éstos pueden colocarse lejos uno del otro. Los códigos X son tan importantes como los A, pero por la razón opuesta. Por ejemplo, si el departamento de pintura se localiza junto al de soldadura es posible que ocurra una explosión. El ruido, olores, calor, polvo, frío, y otras características parecidas, son razones buenas para asignar un código X.

A continuación, se presenta un procedimiento paso a paso para desarrollar un diagrama de relación de actividades:

1. Enlistar todos los departamentos en una columna vertical.
2. Iniciar con la línea 1 para establecer el código de relación para cada departamento de los que siguen.
3. Establecer las razones por las cuales se consideran los códigos de relación escogidos.
4. Construir el diagrama con las relaciones escogidas, un ejemplo se muestra en la Figura 6:

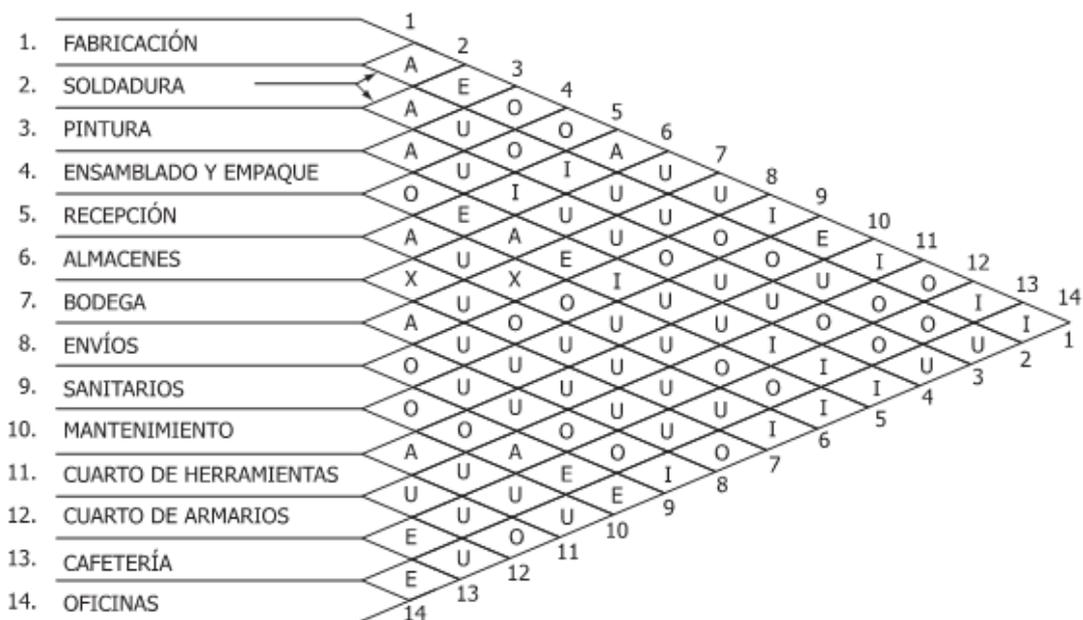


Figura 6. Diagrama de Relación de Actividades. Fuente: Diseño de Instalaciones de Manufactura y Manejo de Materiales.

- Diagrama adimensional de bloques

Según Meyers y Stephens (2006), el diagrama adimensional de bloques es el primer intento de distribución y resultado de la gráfica de relación de actividades. Aun cuando esta distribución es adimensional, será la base para hacer la distribución maestra y el dibujo del plan. Enseguida se presenta un procedimiento paso a paso para elaborar el diagrama adimensional de bloques:

1. Dividir una hoja en cuadrados de acuerdo al número de departamentos.
2. Escribir un número de actividad en el centro de cada cuadrado.
3. Construir una plantilla para cada cuadro, con la colocación de los códigos de relación en las posiciones siguientes (ver la Figura 7):
 - En la esquina superior izquierda, una actividad con código A.
 - Una relación con código E en la esquina superior derecha.
 - En la esquina inferior izquierda debe ir una relación cuyo código sea I.
 - Las relaciones que tengan código O deben ir en la esquina inferior derecha.
 - Se omiten las relaciones de código U.
 - En el centro van las relaciones X, debajo del número de actividad.

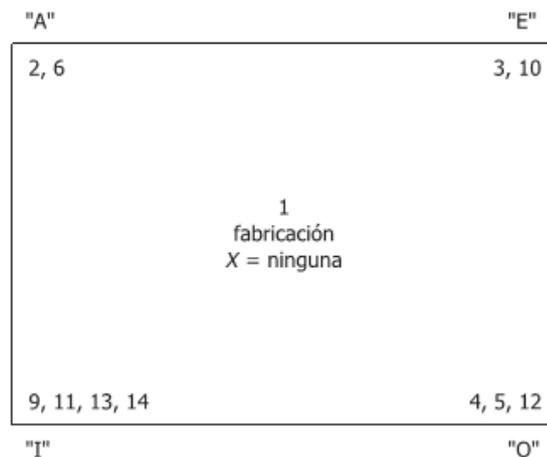


Figura 7. Ejemplo de Plantilla del Diagrama Adimensional de Bloques. Fuente: Diseño de Instalaciones de Manufactura y Manejo de Materiales.

4. Cada centro de actividad está representado por un cuadrado.

- Una vez que están listas todas las plantillas, se les coloca en el arreglo que satisfaga tantos códigos de actividad como sea posible. Se debe comenzar con las actividades que tengan los códigos de cercanía más importantes.

A continuación, se muestra un ejemplo de diagrama adimensional de bloques:

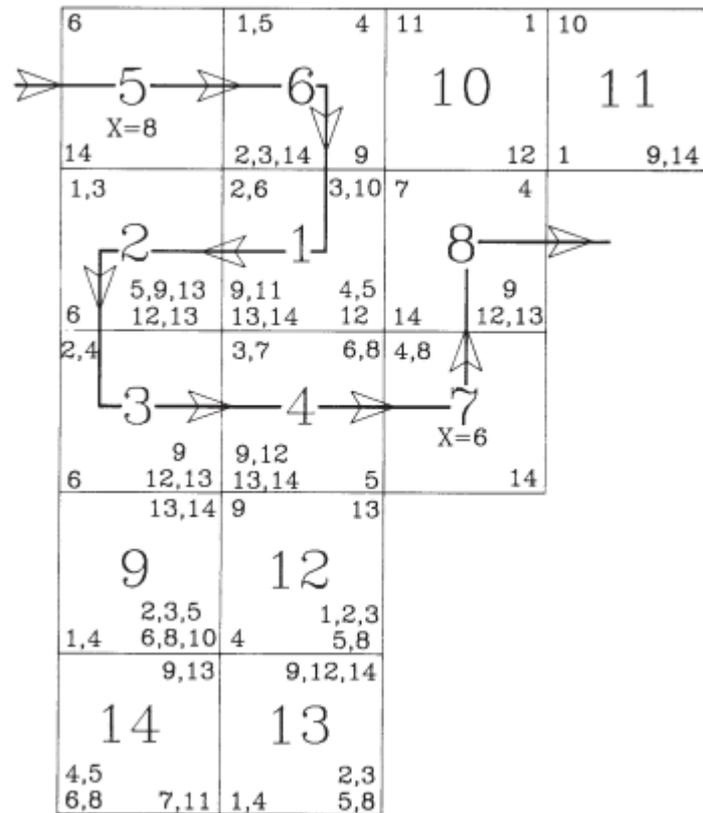


Figura 8. Diagrama Adimensional de Bloques. Fuente: Diseño de Instalaciones de Manufactura y Manejo de Materiales.

Debido a que ésta es una distribución adimensional, la forma no tiene importancia. Podrían tenerse todas las actividades en una línea, o con espacios en blanco e cualquier sitio. La carencia de dimensión también significa falta de forma. Lo único importante es satisfacer las relaciones.

- Cálculo de Superficies

a) Método de Guerchet

Según Muther (1977), el método desarrollado por P. F. Guerchet permite calcular el espacio superficial necesario para reordenar de manera adecuada la maquinaria que se tiene. Dicho valor se obtiene sumando 3 valores superficiales parciales conocidos como

superficie estática, superficie de gravitación y superficie de evolución que serán descritos a continuación.

$$St = Ss + Sg + Se$$

Para aplicar el método es necesario identificar el número total de maquinaria y equipo los cuales reciben el nombre de elementos “estáticos”, y también el número total de operarios y equipo de acarreo que reciben el nombre de elementos móviles.

- **Superficie Estática (Ss):** Es la superficie que corresponde a las dimensiones que ocupa cada mueble, máquina y/o equipo.
- **Superficie de Gravitación (Sg):** Corresponde a la superficie que utiliza el trabajador y el material necesario para llevar a cabo las operaciones en el puesto de trabajo. Se obtiene multiplicando el valor de la superficie estática por el número de lados a partir de la cual el mueble o la máquina debe ser utilizado (N):

$$Sg = Ss * N$$

Para objetos circulares se considera un N = 2.

- **Superficie de Evolución (Se):** Corresponde al espacio necesario entre los puestos de trabajo reservado para el desplazamiento del personal y/o material. Se calcula multiplicando la suma de la superficie estática y la de gravitación de cada máquina, por el coeficiente de evolución (k) que representa una medida ponderada de la relación entre las alturas de los elementos móviles y estáticos:

$$Se = (Ss + Sg) * k$$

Dónde:

$$k = \frac{h_{EM}}{2 * h_{EE}} \quad ; \quad h_{EM} = \frac{\sum_{i=1}^r Ss * n * h}{\sum_{i=1}^r Ss * n} \quad ; \quad h_{EE} = \frac{\sum_{i=1}^t Ss * n * h}{\sum_{i=1}^t Ss * n}$$

Siendo:

h_{EM} = Altura promedio ponderada de los elementos móviles.

h_{EE} = Altura promedio ponderada de los elementos estáticos

r = Número de elementos móviles

t = Número de elementos estáticos

n = Número de cada elemento

h = Altura de cada elemento

b) Longitud de Pasillos

Según la normativa NTP 434: Superficies de trabajo seguras, las dimensiones mínimas de las vías destinadas a peatones serán de 1,20 m. para pasillos principales y de 1 m para pasillos secundarios. Por otra parte, correspondiente a máquinas la normativa indica que la separación entre las máquinas y los pasillos no será inferior a 0,80 m, contándose desde el punto más saliente de la propia máquina o de sus órganos móviles y la unidad de paso para acceder a puntos de máquinas, aunque sea de forma ocasional, requiere una anchura mínima de 0,80 m.

- Evaluación de las alternativas de distribución

Según Meyers y Stephens (2006), para decidir qué alternativa es la mejor, deben compararse las mediciones de rendimiento de cada alternativa buscando los siguientes objetivos:

- Minimizar la distancia de recorrida.
- Maximizar la utilización del espacio, equipos y personas
- Maximizar la utilización de la maquinaria.
- Minimizar los costos del manejo de material.

A estos objetivos, Heizer y Render (2007) añaden los siguientes:

- Mejora de la moral y la seguridad de las condiciones de trabajo de los empleados.
- Flexibilidad (sea como sea el layout tendrá que cambiar en algún momento)

2.2.3 Proceso Analítico Jerárquico

Según Saaty (1980), el proceso analítico jerárquico (AHP) es una herramienta efectiva para problemas de toma de decisiones que mediante la reducción de las decisiones complejas en una serie de comparaciones por pares ayuda a encontrar la alternativa que mejor se ajusta a las necesidades y comprensión del problema. Este método además comprueba la

consistencia de las calificaciones hechas por el tomador de decisiones con el fin reducir el sesgo en el proceso de toma de decisiones.

- **Procedimiento**

Según Saaty (1980), para la aplicación del método AHP se necesita considerar un conjunto de criterios de evaluación y un conjunto de alternativas de entre las cuales se escogerá la mejor. Los pasos del método se resumen en los siguientes tres apartados:

a) Cálculo del vector de pesos de los criterios

Para el cálculo de los pesos de los criterios, se empieza por crear una matriz de comparación por pares **A** de dimensión $m \times m$, donde m es el número de criterios de evaluación considerados y en el que cada valor a_{jk} de la matriz **A** representa la importancia del criterio j –ésimo en relación al criterio k –ésimo. Esta importancia relativa entre dos criterios es medida de acuerdo a una escala numérica del 1 al 9 (Ver Tabla 2) que con su asignación en la matriz deben cumplir que $\forall j, k: a_{jk} \cdot a_{kj} = 1$ y que $\forall j: a_{jj} = 1$

Tabla 2. Escala de Saaty para la Comparación de Criterios.

Valor de a_{jk}	Definición
1	j y k son igualmente importantes
3	j es ligeramente más importante que k
5	j es más importante que k
7	j es fuertemente más importante que k
9	j es absolutamente más importante que k

Nota: Fuente: Saaty, T.L., 1980. “The Analytic Hierarchy Process.”

Una vez se tiene la matriz **A** construida y con valores de importancia asignados, se procede a calcular la matriz de comparación por pares normalizada **A_{norm}**, cuyos valores \bar{a}_{jk} son calculados mediante la siguiente fórmula:

$$\bar{a}_{jk} = \frac{a_{jk}}{\sum_{j=1}^m a_{jk}}$$

Finalmente, el vector de pesos de los criterios **w**, correspondiente a un vector columna de dimensión m , se construye calculando el promedio de cada fila de la matriz **A_{norm}**:

$$w_j = \frac{\sum_{k=1}^m \bar{a}_{jk}}{m}$$

b) Cálculo de los vectores de calificación de las alternativas

La matriz de calificación de las alternativas es una matriz \mathbf{S} de dimensión $n \times m$, donde n representa el número de opciones disponibles y cada valor s_{ij} representa la calificación de la alternativa i –ésima respecto al criterio j –ésimo. Con el fin de obtener tales calificaciones, se construyen matrices de comparación por pares \mathbf{B}^j para cada criterio m . Cada valor b_{ih}^j de la matriz representa la calificación de la alternativa i –ésima comparada a la alternativa h –ésima con respecto al criterio j –ésimo. Para la calificación de cada par se utiliza también la escala de Saaty y en cada matriz \mathbf{B}^j también se debe cumplir que $\forall i, h: b_{ih}^j \cdot b_{hi}^j = 1$ y que $\forall i: b_{ii} = 1$

Luego el método AHP, aplica a cada matriz \mathbf{B}^j los mismos pasos descritos en la comparación por pares de la matriz \mathbf{A} , esto es, se divide cada valor b_{ih}^j entre la suma de los valores en su misma columna y luego se toman los promedio de cada fila, obteniendo los vectores de calificaciones \mathbf{s}^j que contienen las calificaciones de las alternativas evaluadas respecto al criterio j –ésimo. Finalmente, la matriz de calificaciones \mathbf{S} se representa por la siguiente matriz:

$$\mathbf{S} = [\mathbf{s}^1 \dots \mathbf{s}^m]$$

c) Clasificación de las alternativas

Con el vector columna \mathbf{w} y la matriz de calificaciones \mathbf{S} calculados, se obtiene el vector de calificaciones globales \mathbf{v} mediante la multiplicación: $\mathbf{S} \cdot \mathbf{w}$, y en el que cada valor v_i de \mathbf{v} representa la calificación global asignada a la alternativa i –ésima. Como paso final se ordenan las alternativas en orden decreciente de acuerdo a su puntuación global.

- Comprobación de la Consistencia

Según Saaty (1980), en la comparación por pares pueden surgir algunas inconsistencias en la asignación de importancias que pueden guiar a una jerarquización incorrecta, para esto el método AHP incorpora una técnica efectiva para comprobar la consistencia de las calificaciones hechas en las matrices de comparación por pares \mathbf{A} y \mathbf{B}^j . La técnica consiste en el cálculo de un índice de consistencia (CI) que para la matriz \mathbf{A} se obtiene calculando un valor escalar λ que se calcula bajo los siguientes pasos:

1. Calcular el producto $\mathbf{A} \times \mathbf{w}$

2. Dividir cada elemento j –ésimo del vector $\mathbf{A} \times \mathbf{w}$ entre el elemento correspondiente del vector \mathbf{w} .

3. Calcular el promedio de los elementos del vector resultante para obtener el escalar x .
Luego el índice de consistencia se calcula como:

$$CI = \frac{x - m}{m - 1}$$

Según el autor, un tomador de decisiones perfectamente consistente siempre debe obtener $CI = 0$, pero valores pequeños de inconsistencia pueden ser tolerados, en particular si:

$$\frac{CI}{RI} < 0.1$$

Esta razón es llamada razón de consistencia (RC) y donde RI es el índice aleatorio, esto es, el índice de consistencia cuando los valores de \mathbf{A} son completamente aleatorios. La razón de consistencia se calcula de manera similar para las matrices \mathbf{B}^j . Los valores de RI para pequeños problemas ($m \leq 10$) se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3. Valores del Índice Aleatorio (RI) en Función al Número de Criterios

m	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.51

Nota: Fuente: Saaty, T.L., 1980. “The Analytic Hierarchy Process.”

2.2.4 Tiempo del Proceso

- Medición del Desempeño de los Procesos

Según Jacobs y Chase (2009), las formas de calcular las medidas del desempeño en la práctica son muy variables, sin embargo, todas tienen un mismo fin que es el de tomar una decisión de mejora, entre las medidas que conciernen al tiempo y velocidad del proceso se tienen las siguientes medidas:

a) Tiempo del proceso: Representa el tiempo que transcurre mientras en realidad se trabaja en una unidad y el que espera en fila.

b) Tiempo del valor agregado: Representa el tiempo que transcurre mientras en realidad se trabaja en una unidad de modo útil.

c) Velocidad del proceso: Representa la proporción entre el tiempo total del proceso y el tiempo de valor agregado.

- **Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP)**

Niebel y Freivalds (2009) afirman que es particularmente útil elaborar un diagrama de operaciones del proceso para registrar los costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales. Una vez que estos periodos no productivos se identifican, los analistas pueden tomar medidas para minimizarlos y, por ende, reducir sus costos. Además de registrar operaciones e inspecciones, los diagramas de flujo de procesos muestran todos los retrasos de movimientos y almacenamiento a los que se expone un artículo a medida que recorre la planta. Los diagramas de flujo de procesos necesitan varios símbolos que se utilizan para representar: operaciones, inspecciones, transporte, retrasos, almacenamiento. Estos cinco símbolos (ver Tabla 4) constituyen el conjunto estándar de símbolos que se utilizan en los diagramas de flujo de procesos (ASME, 1974).

Tabla 4. Conjunto de Símbolos Utilizados para un Diagrama de Operaciones del Proceso de acuerdo con el Estándar ASME.

Operación	Transporte	Almacenamiento	Retraso	Inspección
				

Nota: Fuente: Ingeniería Industrial – Niebel.

Los autores explican que el proceso de diagramación consiste en describir cada evento del proceso, encerrar en un círculo el símbolo adecuado del diagrama del proceso e indicar los tiempos asignados para los procesos o retrasos y las distancias de transporte. En el diagrama se deben incluir todos los retrasos y tiempos de almacenamiento.

- **Tiempo del Proceso y Manejo de Materiales**

Según Meyers y Stephens (2006): “el manejo de materiales es la función que consiste en llevar el material correcto al lugar indicado en el momento exacto, en la cantidad apropiada, en secuencia y en posición o condición adecuada para minimizar los costos de producción”. El movimiento involucra el transporte o la transferencia real de material de un punto al siguiente. La eficiencia del movimiento, así como el factor de seguridad en esta dimensión son la preocupación principal. La cantidad por mover impone el tipo y la naturaleza del equipo para manejar el material y también el costo por unidad por la conveniencia de los bienes. La dimensión temporal determina la rapidez con que el material se mueve a través de las instalaciones. La cantidad de trabajo en proceso, los inventarios en exceso, el manejo repetitivo del material y los tiempos de distribución de la orden, se ven influidos por este aspecto de los sistemas del manejo de materiales. El aspecto del espacio tiene que ver con el que se requiere para almacenar y mover el equipo para dicha labor, así como el espacio para las filas o el escalonamiento del material en sí. El seguimiento del material, la identificación positiva y la administración del inventario son algunos aspectos de la dimensión de control. El manejo de materiales también es parte integral de la distribución de la planta; no es posible separarlos. Un cambio en el sistema de manejo de materiales modificará la distribución, y si ésta cambia, el sistema de manejo se transformará.

Según Niebel y Freivalds (2009), el manejo de materiales incluye restricciones de movimiento, tiempo, lugar, cantidad y espacio. En primer lugar, el manejo de materiales debe asegurar que la materia prima, materiales en proceso y productos terminados sean desplazados constantemente de un lugar a otro. En segundo, dado que cada operación requiere de materiales y productos en un momento y cantidad determinada, debe asegurar que los procesos de producción o individuo no sean entorpecidos por la llegada temprana o tardía de materiales. En tercero, el manejo de materiales debe garantizar que éstos sean entregados en el lugar correcto. En cuarto lugar, se debe asegurar que los materiales sean entregados en el lugar adecuado sin que hayan sufrido daños y en la cantidad correcta. Por último, se debe considerar también el espacio para el almacenaje tanto temporal como permanente.

- **Aplicación de la simulación y modelado en computadora**

Según Meyers y Stephens (2006), la simulación es una herramienta útil para predecir el comportamiento de sistemas complejos de manufactura o servicios. Los softwares de simulación generan reportes y estadísticas detallados que describen el comportamiento del sistema que se estudia y permiten la evaluación de las distribuciones físicas, selección de equipo, procedimientos de operación, asignación y utilización de recursos, políticas de inventario y otras características importantes de un sistema.

a) Objetivos de la Simulación:

Según Meyers y Stephens (2006), las prácticas de simulación pueden llevar a cabo por varias razones:

- 1. Evaluación:** Determinar y medir qué tan bien se desempeña el diseño propuesto para un sistema, en un sentido absoluto si se compara con los criterios con los que se estableció.
- 2. Comparación:** Comparar los diseños alternativos para ejecutar una función específica. Se seleccionan entre alternativas distintas haciendo la comparación crítica de ellas respecto del costo, el rendimiento y otros factores.
- 3. Predicción:** Permite investigar el desempeño de un sistema propuesto en condiciones específicas durante cierto tiempo. Según las condiciones establecidas, el desempeño de un sistema se puede simular en intervalos de tiempos que van desde minutos u horas para cierto periodo de horas, días, o incluso años.
- 4. Análisis de Sensibilidad:** La simulación permite realizar un análisis de sensibilidad sobre los factores y variables para determinar cuál de ellas tiene mayor influencia en las operaciones conjuntas del sistema.
- 5. Optimización:** La simulación permite optimizar los factores críticos de un sistema, mediante el establecimiento de cuales o que combinaciones de ellos produce la mejor respuesta del sistema.
- 6. Análisis de Cuello de Botella:** Permite identificar y ubicar los cuellos de botella que afectan al flujo de un sistema.

b) Proceso de Simulación

Según Meyers y Stephens (2006), el esquema básico de un proceso de simulación consta de los siguientes pasos:

- 1. Definición del Problema:** Este paso consiste en plantear el problema y enunciar los objetivos del estudio con el fin de conocer el propósito del estudio.
- 2. Definición del Sistema:** En este paso se determinan los límites y las y las restricciones del sistema en términos de disponibilidad de recursos, ya sean, de espacio, tiempo, financieras, entre otras.
- 3. Modelo Conceptual:** En este paso se desarrolla un modelo gráfico para definir las variables del sistema y sus interacciones.
- 4. Diseño Preliminar:** Este paso consiste en identificar que datos deseamos obtener con el modelo de simulación, de qué forma y hasta qué grado, con el fin de determinar qué información se requiere recabar para la simulación.
- 5. Preparación de la entrada de datos:** Este paso consiste en recabar los datos de entrada que requiere el modelo y comprender que la salida del sistema sólo es confiable en la medida en que lo son los datos que entran.
- 6. Traslación del modelo:** Este paso consiste en trasladar el modelo conceptual y la información recabada al lenguaje del paquete de simulación a usar.
- 7. Verificación y Validación:** En este paso se debe confirmar que el modelo en verdad representa al sistema para el que se concibió y opera como se espera, así como que la salida es representativa del sistema real.
- 8. Experimentación:** En este paso se manipula el sistema para comprender como influyen los cambios en la salida del proceso.
- 9. Análisis e interpretación:** En este paso se hacen inferencias de los datos que genera la simulación. Se comparan las condiciones en las que se obtuvieron los datos de entrada y se dará cuenta de hasta qué grado la salida depende de la validez de ellos.

2.3 Marco Conceptual

- **Manejo de materiales:** El manejo de materiales es toda acción tarea o proceso cuyo propósito es mover y almacenar materiales hasta un lugar de interés al menor costo posible (Zandin, 2005).
- **Transportador motorizado:** Es un dispositivo que utiliza energía eléctrica para mover o transportar material en bulto u objetos a lo largo de un recorrido predeterminado por el diseño del dispositivo y que tiene puntos de carga y descarga fijos o selectivos (Meyers y Stephens, 2006).
- **Ergonomía:** Ciencia del ajuste de la tarea o del lugar de trabajo a las aptitudes y limitaciones del operario; en ocasiones se le llama factores humanos (Niegel y Freivalds, 2009).
- **Redistribución de planta:** Involucra el arreglo u orden de los elementos de producción entre los que se incluyen las máquinas, estaciones de trabajo, áreas de almacenamiento y pasillos dentro de una planta productiva ya existente (Meyers y Stephens, 2006).
- **Diagrama de Recorrido:** Muestra la trayectoria que recorre cada parte, desde la recepción, los almacenes, la fabricación de cada parte, el subensamble, el ensamble final, el empaque, el almacenamiento y el envío (Meyers y Stephens, 2006).
- **Diagrama de Relación de Actividades:** Muestra las relaciones de cada departamento, oficina o área de servicios, con cualquier otro departamento y área y responde a la pregunta ¿Qué tan importante es para un departamento estar cerca de otro departamento? (Meyers y Stephens, 2006).
- **Diagrama Adimensional de Bloques:** Es el primer intento de distribución y resultado de la gráfica de relación de actividades (Meyers y Stephens, 2006).
- **Método de Guerchet:** Es un método para el cálculo de espacios físicos requeridos en planta, basado en el espacio que ocupan la maquinaria, equipos móviles, operarios y espacios para el desplazamiento (Meyers y Stephens, 2006).

- **Proceso Analítico Jerárquico:** Es una herramienta para la toma de decisiones que consiste en reducir decisiones complejas a una serie de comparaciones por pares basados en su importancia relativa y que sintetiza en los resultados tanto los aspectos objetivos como subjetivos para una toma de decisiones sin sesgo (Saaty, 1980).
- **Cuello de botella:** Recurso que limita la capacidad o la producción máxima del proceso. (Jacobs y Chase, 2009).
- **Tiempo del proceso:** Tiempo promedio que una unidad tarda en pasar por el proceso entero (Jacobs y Chase, 2009).
- **Tiempo de valor agregado:** Tiempo que transcurre mientras en realidad se trabaja con utilidad en una unidad (Jacobs y Chase, 2009).
- **Velocidad del proceso:** Proporción entre el tiempo total del proceso y el tiempo de valor agregado (Jacobs y Chase, 2009).
- **Simulación:** Es la imitación de la operación de un proceso o sistema del mundo real en un intervalo de tiempo (Banks y Nelson, 2010).

2.4 Hipótesis

La propuesta de instalación de una manovía disminuirá el tiempo en los procesos de armado y apurado de la empresa de calzado Calzature atlántico S.A.C.

2.5 Variables

2.5.1 Variable independiente: Instalación de una manovía.

a. Dimensiones e Indicadores:

- Velocidad de operación del equipo de transporte:

$$VO = DPM/TPD$$

Donde:

VO = Velocidad de Operación con unidades en metros/minuto

TPD = Tiempo promedio de procesamiento por docena de pares de zapatos (en minutos).

DPM = Distancia promedio entre máquinas (en metros).

- Distancia total recorrida por el operario:

$$DTR = \sum d_{ij}$$

Donde:

DTR = Distancia total recorrida

d_{ij} = Distancia en metros entre el lugar donde se realiza la operación i y la operación j

2.5.2 Variable dependiente: Tiempos en los procesos de armado y aparado

a. Dimensiones e indicadores:

- Tiempo del proceso de aparado:

$$TPAP = \sum t_{AP,i}$$

Donde:

TPAP = Tiempo del proceso de aparado en horas por docena de pares de zapato.

$t_{AP,i}$ = Tiempo que toma la operación i del proceso de aparado para procesar una docena de pares de zapatos.

- Tiempo del proceso de armado:

$$TPAR = \sum t_{AR,i}$$

Donde:

TPAR = Tiempo del proceso de armado en horas por docena de pares de zapato.

$t_{AR,i}$ = Tiempo que toma la operación i del proceso de armado para procesar una docena de pares de zapatos.

2.6 Operacionalización de Variables

Tabla 5. Cuadro de Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Escala
Variable Independiente: Instalación de una manovía	Proceso que consiste en la elección y ubicación en planta de un dispositivo de manejo de materiales	Proceso que involucra la elección de un dispositivo para el manejo de calzado que sea flexible de acuerdo con las limitaciones de espacio y necesidades de producción.	Velocidad de Operación del equipo de transporte	$VO = DPM/TPD$	Intervalo
			Distancia total recorrida por el operario	$DTR = \sum d_{ij}$	Intervalo
Variable Dependiente: Tiempo en los procesos de armado y aparado	Tiempo que toma el proceso de transformación de un producto en proceso	Tiempo desde el momento en el que el calzado (en proceso de producción) ingresa al proceso actual hasta el momento en que es transportado hacia el siguiente proceso.	Tiempo del proceso de armado	$TPAR = \sum t_{AR,i}$	Intervalo
			Tiempo del proceso de aparado	$TPAP = \sum t_{AP,i}$	Intervalo

Nota: Fuente: Elaboración Propia

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Nivel de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El proyecto realizado es del tipo aplicada porque se busca mediante la instalación de una manovía dar una solución a la problemática de demora en los procesos de armado y aparado.

3.1.2 Nivel de investigación

El nivel de la investigación es descriptivo porque la investigación busca conocer cuál es la problemática de la empresa mediante la descripción de los procesos y métodos de producción, lo cual se logrará a través de la recolección e interpretación de la información disponible de la empresa.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Número de veces que se realizan los procesos de aparado y armado en el periodo de un mes = 58 (Ver Anexo 5)

3.2.2 Muestra

El tamaño de la muestra es probabilístico e igual a 25 veces que se debe controlar los tiempos de los procesos de aparado y armado. Se obtiene este valor mediante la aplicación de la fórmula del muestreo probabilístico:

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

Donde:

Z = Nivel de confianza (1.96 para un 95% de nivel de confianza)

σ^2 = Varianza (0.028) (Ver Anexo 5)

N = Tamaño del universo (58) (Ver Anexo 5)

e = Error de estimación aceptado (5%)

n = Tamaño de la muestra

$$n = \frac{(1.96)^2 * (58) * 0.028}{0.05^2 * (57) + (1.96^2 * 0.028)} = 24.9 \text{ veces} \approx 25 \text{ veces}$$

3.3 Diseño de investigación

El diseño es no experimental transversal correlacional porque la investigación busca relacionar la funcionabilidad de la manovía con la disminución del tiempo en los procesos de aparado y armado, sin existir manipulación de variables, en su estado real y en un momento determinado.

3.4 Técnicas e Instrumentos de investigación

Tabla 6. Cuadro de Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Variable	Dimensiones	Técnica	Instrumento	Fuente
Variable Independiente: Instalación de una manovía	Velocidad de Operación del equipo de transporte	Análisis Documental	Diagrama de Operaciones del Proceso (Anexo 3)	- Especificaciones técnicas del producto. - Secuencia de operaciones del proceso.
	Distancia total recorrida por el Operador	Observación directa	Diagrama de Recorrido (Figuras 12, 14 y 15)	- Recorrido de los operarios en planta de Producción.
Variable Dependiente: Tiempo en los procesos de aparado y armado	Tiempo del proceso de aparado	Observación directa	Guía de observación (Anexo 4)	- Planta de Producción
		Registro de Tiempos	Cronómetro, Hoja de Registro de Tiempos (Anexo 7)	- Secuencia de operaciones del proceso.
	Tiempo del proceso de armado	Observación directa	Guía de observación (Anexo 4)	- Planta de Producción
		Registro de Tiempos	Cronómetro, Hoja de Registro de Tiempos (Anexo 8)	- Secuencia de operaciones del proceso.

Nota: Fuente: Elaboración Propia

3.5 Procesamiento y análisis de datos

3.5.1 Herramientas de análisis de datos

Para el procesamiento de los datos se utilizarán las siguientes herramientas:

- **Microsoft Excel:** A través del uso de las hojas de cálculo se registrarán los tiempos de las operaciones de cada proceso, así como el desarrollo del método AHP, redimensionamiento por el método Guerchet y procesamiento de datos para el modelo de simulación.
- **Bizagi Modeler:** Este software nos permitirá realizar un gráfico del proceso de producción del modelo T-25.
- **Microsoft Visio:** Este software nos permitirá realizar el diagrama de operaciones de los procesos del modelo de calzado T-25.
- **AutoCAD:** Este software nos permitirá realizar los planos de la planta y de cada área, mediante el cual podremos identificar distancias recorridas, puntos de tráfico y elaborar la propuesta de redistribución.
- **Arena Simulation Software:** Este software nos permitirá estimar los tiempos de los procesos de armado y aparado con la manovía instalada, de forma que podamos realizar comparaciones con los tiempos actuales.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resúmenes de los resultados

Resultado del Objetivo Específico N° 1: “Analizar la distribución actual en función a los tiempos del proceso productivo”

Para el cumplimiento de este objetivo, se consideró el modelo de calzado T-25 cuyas especificaciones técnicas se muestra en el Anexo 6, primero se calcularon los tiempos de cada proceso identificando los procesos de aparado y armado como cuellos de botella y mediante un Diagrama de Operaciones del Proceso, se obtuvieron los tiempos improductivos de cada uno, posteriormente se analizó la distribución actual de la planta identificando distancias recorridas, puntos de tráfico, retrocesos y organización de la maquinaria.

a) Diagrama del Proceso y Tiempos de Producción

El proceso de producción del modelo de calzado T-25 consta de los siguientes procesos: corte, aparado, armado y alistado, tal como se muestra a continuación:

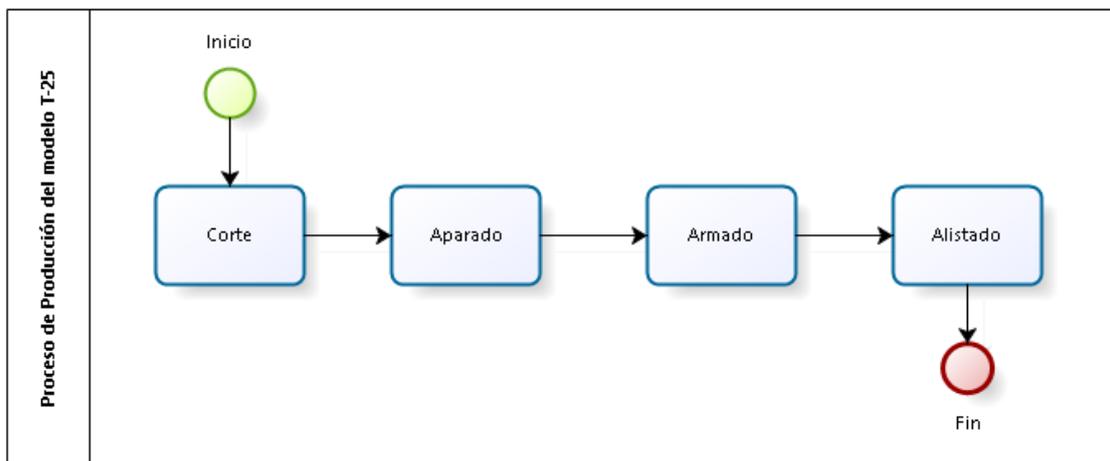


Figura 9. Diagrama del Proceso de Producción del Modelo de Calzado T-25. Fuente: Elaboración Propia.

El proceso de producción de este modelo solo difiere de los demás modelos en la cantidad de operaciones por proceso, siendo este el que más operaciones por proceso tiene a comparación de los demás. El método de producción consiste en que cada operador en un área trabaja una docena de pares de zapato independientemente de los demás operadores en su área. Los tiempos totales correspondientes a cada proceso se obtuvieron a través de

la medición de tiempos en planta y fueron graficados en un diagrama de operaciones del proceso (Ver Anexo 3). En la siguiente tabla se resumen los tiempos totales de cada proceso junto con el número de trabajadores asignados en cada uno:

Tabla 7. Tiempos de Producción y Número de Trabajadores por Proceso

Proceso	Tiempo (Horas/Docena)	N° de Trabajadores
Corte	2.52	2
Aparado	10.79	5
Armado	10.91	7
Alistado	3.55	3
Total	27.77	-

Nota: Los datos corresponden se obtienen del diagrama de operaciones del proceso (Ver Anexo 3). Se observa que los tiempos correspondientes a los procesos de aparado y armado son mucho mayores que el de los otros dos restantes. Fuente: Elaboración Propia.

Del diagrama de operaciones del proceso (DOP) también se desprende que las demoras en los procesos de aparado y armado corresponden a un total de 1.03 horas y 1.70 horas respectivamente, esto se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 8. Tiempos y Motivos de Demoras en los Procesos de Aparado y Armado.

Proceso	Demora / Trabajador	Número de Trabajadores	Demora Total	Motivo
Aparado	12.3 min.	5	1.03 horas	Traslados, máquinas ocupadas, retrocesos y tráfico cruzado
Armado	14.6 min.	7	1.70 horas	

Nota: La demora por trabajador está en basado en el Diagrama de Operaciones del Proceso (Ver Anexo 3). Fuente: Elaboración Propia.

b) Distribución Actual y Diagrama de Recorrido

La planta de producción actualmente se divide en 13 áreas, de entre las cuales 8 son áreas correspondientes al proceso productivo del calzado y siendo de estas 8 las áreas de prefabricado, preliminares, estampado y diseño consideradas como áreas auxiliares del proceso de producción de calzado. A continuación, se describe brevemente la función de cada área que participa en la elaboración del calzado:

- **Área de Diseño:** En esta área se realizan prototipos de nuevos productos (un par), se diseñan las hormas, moldes, etc.

- **Área de Prefabricado:** Es un área de apoyo de los demás procesos en el que se elaboran accesorios para el calzado para su posterior uso en el área que lo necesite.

- **Área de Preliminares:** Es un área de apoyo del proceso de armado en la cual se realizan operaciones manuales auxiliares que pueden ir antes o después de dicho proceso.

- **Área de Corte:** En esta área se comienza el proceso de producción y en esta se realiza el corte de cuero y forro para obtener las piezas necesarias para elaborar el calzado.

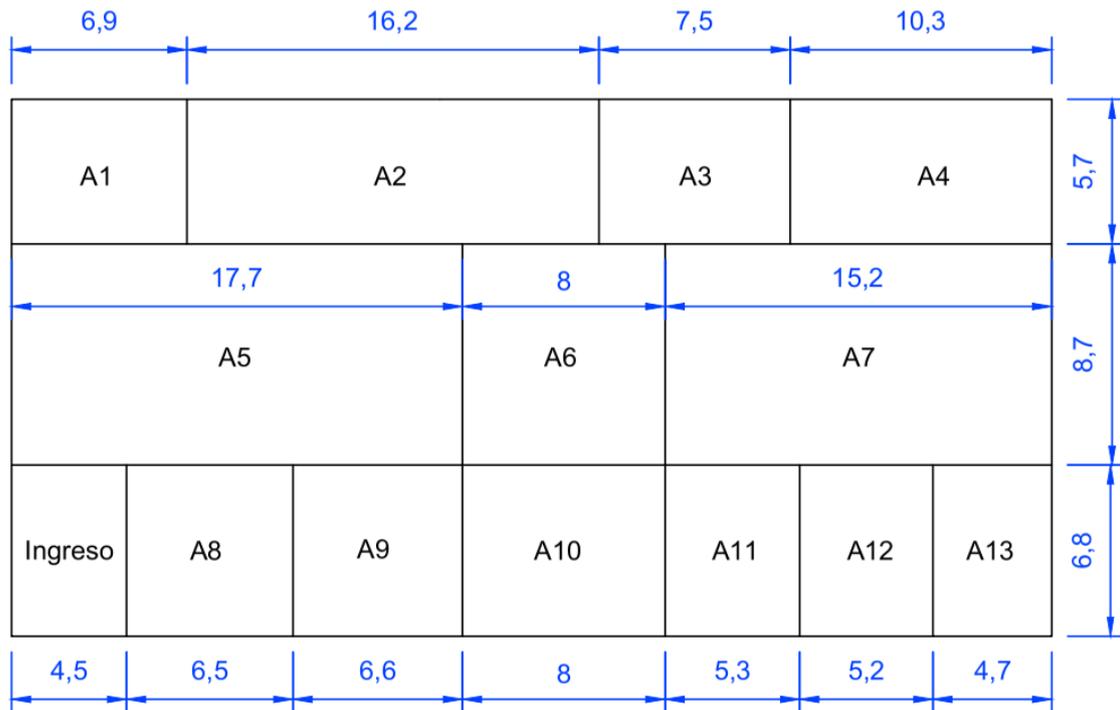
- **Área de Armado:** En esta área se realiza la unión de piezas de cuero y forro dadas por el área de corte.

- **Área de Armado:** En esta área se realiza el montaje del corte sobre la horma y también el pegado de la suela.

- **Área de Estampado:** En esta área se trabaja con serigrafía y sublimado de las capelladas.

- **Área de Alistado:** En esta área se realiza la limpieza del zapato, etiquetado y empaclado.

Estas áreas se encuentran distribuidas en un espacio rectangular con dimensiones de 21.2 x 41.1 m, correspondiente a un área total de 871.3 m² tal como se observa en la siguiente figura:



Unidades: metros

LEYENDA					
NOMBRE DEL ÁREA		ÁREA	NOMBRE DEL ÁREA		ÁREA
A1	Área de Diseño	39.2 m ²	A9	Área de Alistado	44.1 m ²
A2	Área de Estampado	92.3 m ²	A10	Área de Aparado	53.7 m ²
A3	Área de Corte	42.5 m ²	A11	Álmacén de Materia Prima	35.7 m ²
A4	Servicios Higiénicos	58.5 m ²	A12	Área Administrativa	35.7 m ²
A5	Prefabricado	154.3 m ²	A13	Álmacén de Herramientas	35.7 m ²
A6	Preliminares	69.4 m ²		Ingreso	30.6 m ²
A7	Área de Armado	132.3 m ²	TOTAL		871.3 m ²
A8	Álmacén de Producto Terminado	44.1 m ²			

Figura 10. Distribución de Planta Actual con Medidas Generales. Fuente: Elaboración Propia.

Un plano más a detalle nos permitió analizar la distribución de la maquinaria en planta (Ver Figura 11) y a través de este identificar que la maquinaria se encuentra organizada de manera inadecuada y con espacios entre cada una que varían entre los 20 a 70 cm de ancho, lo cual además de complicar el recorrido de los trabajadores y/o transporte del material a lo largo de la planta, pone en riesgo su seguridad.

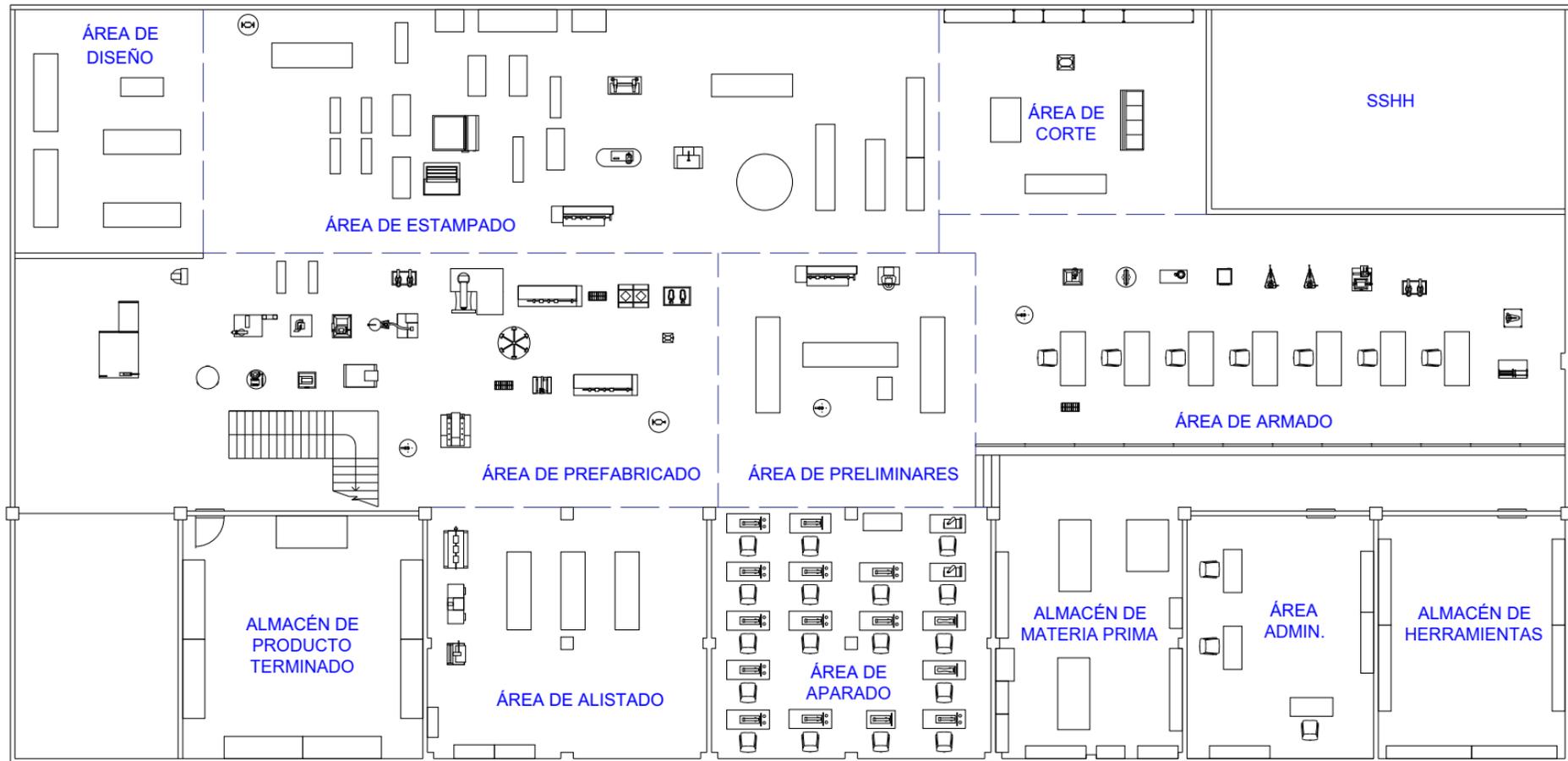


Figura 11. Distribución de Planta Actual con Distribución Real de Maquinaria. Fuente: Elaboración Propia.

Luego, en el diagrama de recorrido de los operarios para la producción del modelo T-25 se calcula una distancia total de 264.17 m recorridos por docena de pares de zapatos producidos (Ver Figura 12), y además se identifican 8 puntos de tráfico cruzado entre procesos que dificultan el recorrido del personal y transporte de material (Ver Figura 13).

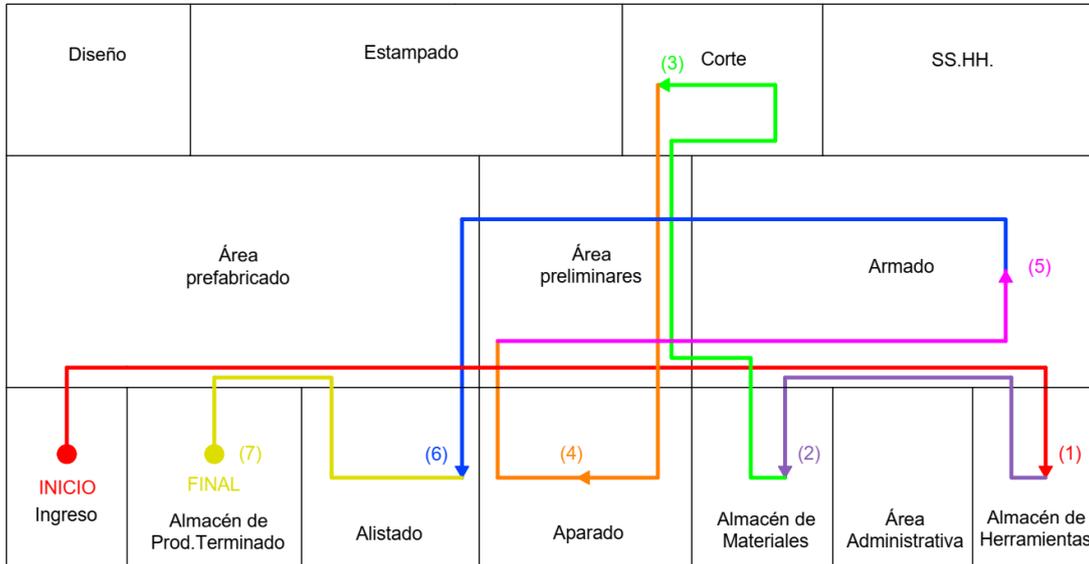


Figura 12. Diagrama de Recorrido entre Procesos de los Operarios para la Producción del Modelo T-25. Fuente: Elaboración Propia.

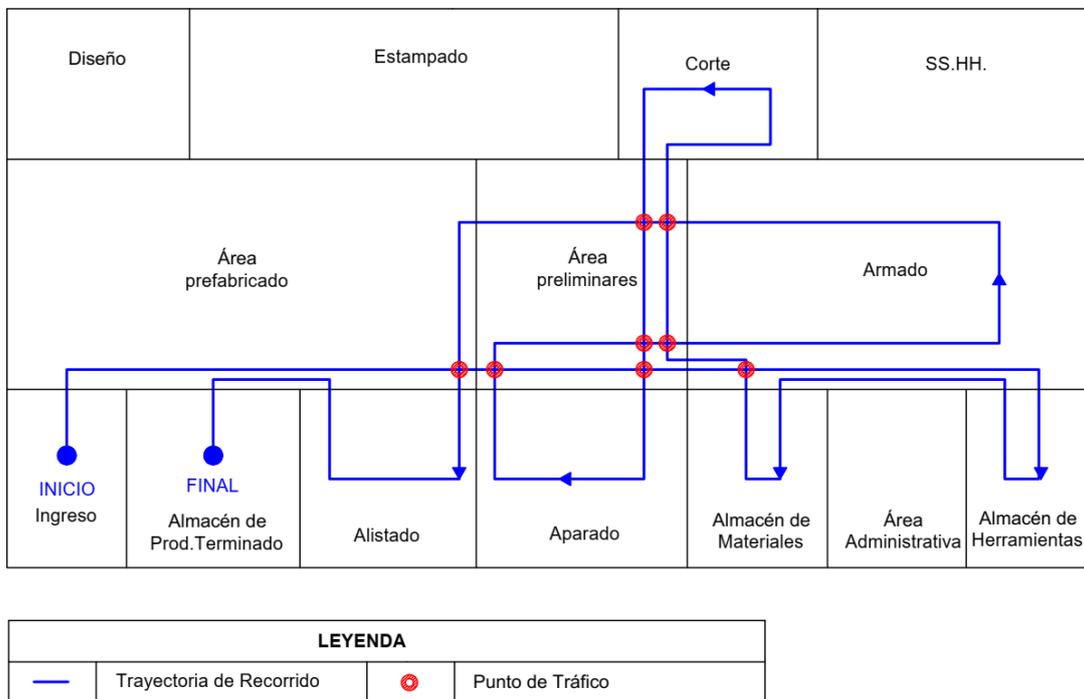
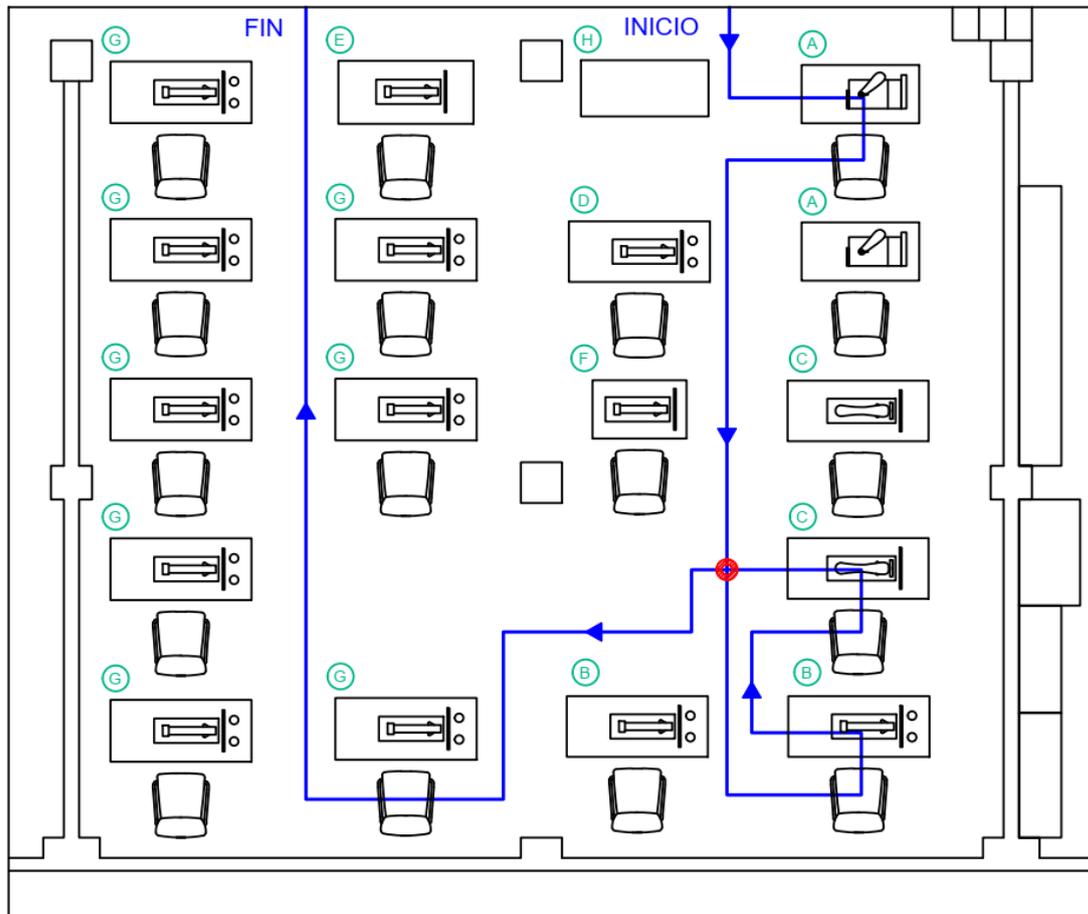


Figura 13. Puntos de Tráfico Cruzado en el Recorrido entre Procesos de los Operarios para la Producción del Modelo T-25. Fuente: Elaboración Propia.

b.1 Distribución del Área de Aparado

Un análisis a detalle del recorrido de los operadores en el proceso de aparado se presenta a continuación, en el cual se calcula una distancia recorrida de 27.48 m, además de identificarse un punto de tráfico cruzado y un retroceso al ir desde la máquina picadora hacia la máquina de coser:



LEYENDA	
	Trayectoria de Recorrido
	Punto de Tráfico

LISTA DE MÁQUINAS	
(A)	Desbastadora de Cuero
(B)	Maquina de Coser Zig-Zag
(C)	Picadora de Cuero
(D)	Aparadora de Poste de una Aguja
(E)	Aparadora de Poste de dos Agujas
(F)	Maquina Ribeteadora
(G)	Aparadora Plana
(H)	Mesa con Herramientas

Figura 14. Distribución del Área de Aparado y Diagrama de Recorrido del Operador.
Fuente: Elaboración Propia.

b.2 Distribución del Área de Armado

A continuación, se presenta la distribución actual del proceso de armado y el diagrama de recorrido de un trabajador en este proceso. En este diagrama se calcula una distancia promedio recorrida de 85.50 m, además de identificarse un total de 8 retrocesos (contando que el horno de secado se utiliza un total de 3 veces) debido a que el trabajador necesita volver a su mesa para realizar operaciones manuales luego de utilizar una máquina y aunque no se grafica, es fácil notar que se generan tráficos cruzados cuando los demás operadores se mueven a lo largo del área cuando necesitan utilizar una máquina.

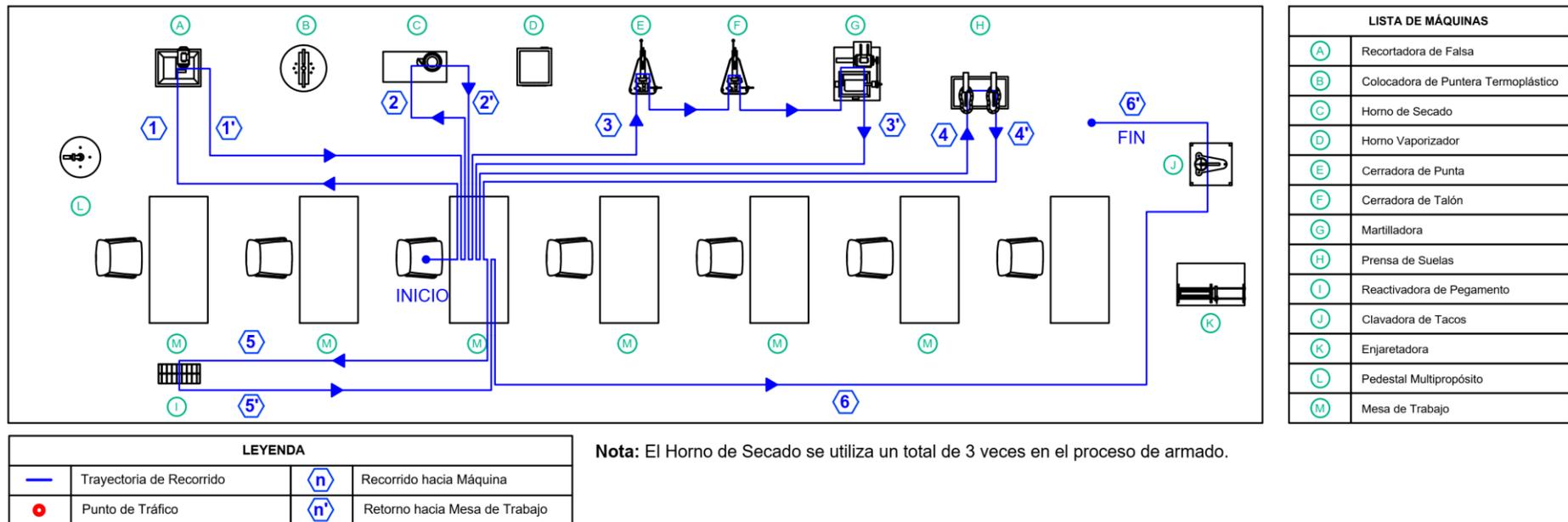


Figura 15. Distribución del Área de Armado y Diagrama de Recorrido del Operador. Fuente: Elaboración Propia

Se resume que en la distribución actual el recorrido total de los trabajadores para el proceso productivo es de 264.17 m por cada docena de pares de zapato producido, en el que además se identifican 8 puntos de tráfico cruzado entre áreas, luego en el área de aparado se identifica una distancia total recorrida de 27.48 m y un tiempo del proceso de 10.79 horas/docena del que se cuantifica una demora total de 1.03 h debido a traslados y máquinas ocupadas, mientras que el área de armado se identifica una distancia total recorrida de 85.5 m y un tiempo del proceso de 10.91 horas/docena del cual se estima una demora total de 1.70 h debido a traslados, maquinas ocupadas y retrocesos.

Resultado del Objetivo Específico N° 2: “Elegir el equipo de manejo de material usando el método AHP”

Para el cumplimiento de este objetivo, se procedió a seleccionar el equipo de manejo de material que permita agilizar el proceso de producción pero que al mismo tiempo se adecue a las necesidades de la empresa, para esto, se utilizó el método AHP el cual permitió cuantificar la importancia de las opciones disponibles evitando al mismo tiempo sesgos en la toma de decisiones.

a) Lista de alternativas de equipo de manejo de material

Para el desarrollo del método AHP se tomó en cuenta 3 alternativas, las cuales se listan junto a sus especificaciones técnicas a continuación:

1. Transportador Motorizado de Rodillos

Son dispositivos utilizados para realizar operaciones de transporte simple y se aplican típicamente en líneas de ensamblaje.



Figura 16. Transportador Motorizado de Rodillos. Fuente: Saifi Con-fab System Pvt. Ltd.

Material: Acero Inoxidable

Longitud: Desde 30 cm hasta 3 metros de largo por unidad.

Ancho: De 30 a 80 cm en incrementos de 50 mm.

Altura: Ajustable.

Rango de carga: Hasta 50 kg/m.

Velocidad de operación: 0.1 / 0.2 / 0.3 / 0.4 / 0.5 / 0.6 / 0.8 m/s

Motor: Utiliza un motor con reductor de 3 fases, 1/2 HP 230/460 VAC, 60 Hz.

Díámetro y material del rodillo: Ø 50 mm (2") x 1.5 mm (0.06") de acero galvanizado

Costo: \$500 - \$800 / metro.

2. Transportador Motorizado de Cinta Plana

Es un dispositivo muy utilizado para cargas universales, por ejemplo: cartones, paquetes, objetos/partes individuales etc. Se emplean mayoritariamente en los sectores de alimentación, cerámica, madera, papel, embalaje, cereales, etc.



Figura 17. Transportador Motorizado de Cinta Plana. Fuente: Shijiazhuang Boxline Machinery Manufacturing Co. Ltd.

Material: Acero Inoxidable

Longitud: Desde 50 cm hasta 6 metros de largo por unidad.

Ancho: Hasta 60 cm de ancho.

Altura: Ajustable.

Rango de carga: Hasta 20 kg/m.

Velocidad de operación: Desde 0.05 m/s a 1 m/s.

Motor: Utiliza Motor (con engranaje) reductor de 3 fases, 0.12 kW, 400 V / 50 Hz

Cintas: Bandas transportadoras de 2 capas, hechas de PVC o PU, planas.

Costo: \$200 - \$500 / metro.

3. Manovía Eléctrica

Es un dispositivo conveniente y simple para enviar materiales, ordenarlos y/o realizar diversas operaciones manuales. Se adapta para cualquier tipo de calzado incluyendo deportivo, de dama, de niño, calzado de cuero, calzado de trabajo, etc.



Figura 18. Transportador Motorizado de Cinta Plana. Fuente: Anzani Machinery S.R.L.

Material: Acero Inoxidable

Longitud: De acuerdo a la necesidad.

Ancho: De 1.20 – 1.50 m

Rango de carga: Hasta 20 kg/m.

Velocidad de operación: Desde 1 a 4 m/min.

Voltaje: 380-440 V / 3 fases/ 50 Hz

Potencia: 1 – 1.5 kW

Dimensiones aproximadas de las bandejas: 60 x 45 cm

Costo: \$ 1000 - 1500 / metro

En base a esta lista de modelos y los principios de manejo de materiales se escogieron como criterios de selección, los siguientes factores o criterios:

- Viabilidad de uso.
- Facilidad de Mantenimiento.
- Seguridad.
- Velocidad de operación.
- Costo por metro.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo de estos criterios para las alternativas listadas:

Tabla 9. Criterios para la Comparación de Alternativas en el Método AHP

Criterio Alternativa	Viabilidad de Uso	Facilidad de Mantenimiento	Seguridad	Velocidad de operación	Costo por metro
Transportador Motorizado de Rodillos	Es el sistema de transporte más universal para productos de diversa geometría y naturaleza siempre y cuando cuenten con una base regular.	<ul style="list-style-type: none"> - Los elementos rodantes requieren limpieza y engrasado. - Si un rodillo no gira puede que tal vez requiera un cambio en los rodamientos o juntas o un cambio completo del rodillo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo de atrapamiento entre el material de transporte y los rodillos. - Riesgo de golpes debido a que el mecanismo de accionamiento suele sobresalir por el costado. 	0.1 - 0.8 m/s	\$500 - \$800 / metro
Transportador Motorizado de Cinta Plana	Permite el transporte de cualquier material independientemente de que sea un tamaño muy pequeño. Se pueden integrar en líneas para ensamble de productos.	<ul style="list-style-type: none"> - La cinta requiere ajustar el rodamiento tensor. - La cinta requiere limpiarse y cambiarse en caso de desgaste. 	<ul style="list-style-type: none"> - Existe riesgo de golpe debido a que el mecanismo de accionamiento de la cinta suele sobresalir por el costado. 	0.05 - 1 m/s	\$200 - \$500 / metro
Manovía Eléctrica	Están diseñadas para el transporte y operaciones manuales de calzado, cuentan con bandejas y porta hormas.	<ul style="list-style-type: none"> - El mecanismo de cadena requiere limpieza y engrasado. - Las bandejas requieren limpieza. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo riesgo de golpes debido a su baja velocidad de operación. 	1 – 4 m/min.	\$1000 – 1500 / metro

Nota: Cuadro que muestra la descripción de cada alternativa respecto a los criterios escogidos para la aplicación del método AHP. Fuente: Elaboración Propia en base a las especificaciones técnicas de los dispositivos de transporte.

b) Aplicación del Método AHP

Con los criterios de elección planteados, se procedió a aplicar el método AHP, para el cual utilizamos la escala de Saaty para las comparaciones necesarias entre criterios y entre opciones, dicha escala se presenta a continuación:

Tabla 10. Escala de Saaty para la aplicación del método AHP

Valor de α_{jk}	Definición
1	j y k son igualmente importantes
3	j es ligeramente más importante que k
5	j es más importante que k
7	j es fuertemente más importante que k
9	j es absolutamente más importante que k

Nota: Fuente: Saaty, T.L., 1980. "The Analytic Hierarchy Process."

b.1 Cálculo del vector de pesos de los criterios

En esta primera matriz se comparan las importancias relativas entre criterios y se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11. Matriz de Comparación de Importancia de los Criterios.

Criterio j \ Criterio k	Viabilidad de Uso	Facilidad de Mant.	Seguridad	Velocidad de Operación	Costo por metro
Viabilidad de Uso	1.00	5.00	1.00	5.00	3.00
Facilidad de Mantenimiento	0.20	1.00	0.20	1.00	0.33
Seguridad	1.00	5.00	1.00	5.00	3.00
Velocidad de Operación	0.20	1.00	0.20	1.00	0.33
Costo por metro	0.33	3.00	0.33	3.00	1.00
	2.20	15.00	2.73	15.00	7.67

Nota: En la tabla los números en verde indican los valores de importancia asignados, luego los demás valores se calculan en base a estos. Fuente: Elaboración Propia en base a la Tabla 9.

Luego se procede a normalizar dicha tabla para obtener el peso de cada criterio que posteriormente se utilizará para obtener la calificación de las alternativas; la normalización se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 12. Matriz de Importancia de los Criterios Normalizada y Cálculo de Pesos de los Criterios

Matriz Normalizada					Pesos (w)
0.45	0.33	0.37	0.33	0.39	0.38
0.09	0.07	0.07	0.07	0.04	0.07
0.45	0.33	0.37	0.33	0.39	0.38
0.09	0.07	0.07	0.07	0.04	0.07
0.15	0.20	0.12	0.20	0.13	0.16
TOTAL					1.00

Nota: En la tabla se muestra la normalización de cada entrada de la matriz de la Tabla 11, e incluye el cálculo del peso de cada criterio en base a dicha normalización. Fuente: Elaboración Propia en base a la Tabla 11.

Asimismo, se calcula la razón de consistencia para esta matriz de forma que podamos asegurarnos que no haya inconsistencias en la asignación de las importancias relativas:

Tabla 13. Cálculo de la Razón de Consistencia de la Matriz de Comparación de Criterios

	$A \times w$	$(A \times w)/w$
Viabilidad de Uso	1.92	5.10
Facilidad de Mantenimiento	0.34	4.99
Seguridad	1.92	5.10
Velocidad de Operación	0.34	4.99
Costo por metro	0.82	5.10
Escalar x		5.1
Índice de Consistencia (CI)		0.01
Consistencia Aleatoria (RI)		1.12
Razón de Consistencia (RC)		0.01

Nota: En la tabla A = Matriz de Comparación de Criterios y w = Pesos de cada criterio. El resultado central de este cálculo es la razón de Consistencia (RC). Fuente: Elaboración Propia en base a la Tabla 11.

Debido a que la razón de consistencia es menor a 0.1, la matriz se considera válida y sin sesgos y se puede proseguir con el método.

b.2 Cálculo de los Vectores de Calificación de las Alternativas

Ahora se procede a calcular las calificaciones de las alternativas respecto a cada criterio, dichos valores luego se utilizarán junto con los pesos de los criterios para obtener una calificación global de cada alternativa.

b.2.1 Criterio 1: Viabilidad de Uso

En esta matriz de califica la importancia relativa entre alternativas de acuerdo al criterio: viabilidad de uso, para obtener así sus calificaciones respectivas:

Tabla 14. Matriz de Calificación de las Alternativas respecto al Criterio: Viabilidad de Uso.

$i \backslash h$	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Matriz Normalizada			Vector (s^1)
Alternativa 1	1.00	0.33	0.14	0.091	0.053	0.106	0.08
Alternativa 2	3.00	1.00	0.20	0.273	0.158	0.149	0.19
Alternativa 3	7.00	5.00	1.00	0.636	0.789	0.745	0.72
	11.00	6.33	1.34				

Nota: En la tabla los números en verde son los valores de importancia relativa asignada, luego los de más valores se calculan en base a estos. Fuente: Elaboración Propia en base a la Tabla 9.

Asimismo, se calcula la razón de consistencia para esta matriz:

Tabla 15. Cálculo de la Razón de Consistencia del Criterio: Viabilidad de Uso.

$B^1 \times s^1$	$(B^1 \times s^1)/s^1$	Escalar x	3.1
0.25	3.0	Índice de Consistencia (CI)	0.033
0.59	3.0	Consistencia Aleatoria (RI)	0.58
2.27	3.1	Razón de Consistencia (RC)	0.06

Nota: En la tabla B^1 = Matriz de calificación de las alternativas respecto al criterio viabilidad de uso, s^1 = el vector de calificación de las alternativas respecto al criterio. Fuente: Elaboración Propia en base a la Tabla 14.

Debido a que la razón de consistencia es menor a 0.1, la matriz se considera válida y sin sesgos.

b.2.2 Criterio 2: Facilidad de Mantenimiento

En esta matriz se califica la importancia relativa entre alternativas de acuerdo al criterio: facilidad de mantenimiento, para obtener así sus calificaciones respectivas:

Tabla 16. Matriz de Calificación de las Alternativas respecto al Criterio: Facilidad de Mantenimiento

<i>i</i> \ <i>h</i>	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Matriz Normalizada			Vector (s^2)
Alternativa 1	1.00	0.33	0.14	0.091	0.077	0.097	0.09
Alternativa 2	3.00	1.00	0.33	0.273	0.231	0.226	0.24
Alternativa 3	7.00	3.00	1.00	0.636	0.692	0.677	0.67
	11.00	4.33	1.48				

Nota: En la tabla los números en verde son los valores de importancia relativa asignada, luego los de más valores se calculan en base a estos. Fuente: Elaboración Propia en base a la Tabla 9.

Asimismo, se calcula la razón de consistencia para esta matriz:

Tabla 17. Cálculo de la Razón de Consistencia del Criterio: Facilidad de Mantenimiento

$B^2 \times s^2$	$(B^2 \times s^2)/s^2$	Escalar λ	3.0
0.26	3.0	Índice de Consistencia (CI)	0.00352
0.73	3.0	Consistencia Aleatoria (RI)	0.58
2.02	3.0	Razón de Consistencia (RC)	0.01

Nota: En la tabla B^2 = Matriz de calificación de las alternativas respecto al criterio facilidad de mantenimiento, s^2 = el vector de calificación de las alternativas respecto al criterio. Fuente: Elaboración Propia en base a la Tabla 16.

Debido a que la razón de consistencia es menor a 0.1, la matriz se considera válida y sin sesgos.

b.2.3 Criterio 3: Seguridad

En esta matriz de califica la importancia relativa entre alternativas de acuerdo al criterio: seguridad, para obtener así sus calificaciones respectivas:

Tabla 18. Matriz de Calificación de las Alternativas respecto al Criterio: Seguridad.

$i \backslash h$	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Matriz Normalizada			Vector (s^3)
Alternativa 1	1.00	0.33	0.14	0.091	0.053	0.106	0.08
Alternativa 2	3.00	1.00	0.20	0.273	0.158	0.149	0.19
Alternativa 3	7.00	5.00	1.00	0.636	0.789	0.745	0.72
	11.00	6.33	1.34				

Nota: En la tabla los números en verde son los valores de importancia relativa asignada, luego los de más valores se calculan en base a estos. Fuente: Elaboración Propia en base a la Tabla 9.

Asimismo, se calcula la razón de consistencia para esta matriz:

Tabla 19. Cálculo de la Razón de Consistencia del Criterio: Seguridad.

$B^3 \times s^3$	$(B^3 \times s^3)/s^3$	Escalar x	3.1
0.25	3.0	Índice de Consistencia (CI)	0.03291
0.59	3.0	Consistencia Aleatoria (RI)	0.58
2.27	3.1	Razón de Consistencia (RC)	0.06

Nota: En la tabla B^3 = Matriz de calificación de las alternativas respecto al criterio seguridad, s^3 = el vector de calificación de las alternativas respecto al criterio. Fuente: Elaboración Propia en base a la Tabla 18.

Debido a que la razón de consistencia es menor a 0.1, la matriz se considera válida y sin sesgos.

b.2.4 Criterio 4: Velocidad de Operación

En esta matriz de califica la importancia relativa entre alternativas de acuerdo al criterio: Velocidad de Operación, para obtener así sus calificaciones respectivas:

Tabla 20. Matriz de Calificación de las Alternativas respecto al Criterio: Velocidad de Operación

$i \backslash h$	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Matriz Normalizada			Vector (s^4)
Alternativa 1	1.00	0.33	0.20	0.111	0.077	0.130	0.11
Alternativa 2	3.00	1.00	0.33	0.333	0.231	0.217	0.26
Alternativa 3	5.00	3.00	1.00	0.556	0.692	0.652	0.63
	9.00	4.33	1.53				

Nota: En la tabla los números en verde son los valores de importancia relativa asignada, luego los de más valores se calculan en base a estos. Fuente: Elaboración Propia en base a la Tabla 9.

Asimismo, se calcula la razón de consistencia para esta matriz:

Tabla 21. Cálculo de la Razón de Consistencia del Criterio: Velocidad de Operación

$B^4 \times s^4$	$(B^4 \times s^4)/s^4$	Escalar x	3.0
0.32	3.0	Índice de Consistencia (CI)	0.01936
0.79	3.0	Consistencia Aleatoria (RI)	0.58
1.95	3.1	Razón de Consistencia (RC)	0.03

Nota: En la tabla B^4 = Matriz de calificación de las alternativas respecto al criterio velocidad de operación, s^4 = el vector de calificación de las alternativas respecto al criterio. Fuente: Elaboración Propia en base a la Tabla 20.

Debido a que la razón de consistencia es menor a 0.1, la matriz se considera válida y sin sesgos.

b.2.5 Criterio 5: Costo por Metro

En esta matriz de califica la importancia relativa entre alternativas de acuerdo al criterio: Costo por Metro, para obtener así sus calificaciones respectivas:

Tabla 22. Matriz de Calificación de las Alternativas respecto al Criterio: Costo por Metro.

$i \backslash h$	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Matriz Normalizada			Vector (s^5)
Alternativa 1	1.00	0.33	3.00	0.231	0.217	0.333	0.26
Alternativa 2	3.00	1.00	5.00	0.692	0.652	0.556	0.63
Alternativa 3	0.33	0.20	1.00	0.077	0.130	0.111	0.11
	4.33	1.53	9.00				

Nota: En la tabla los números en verde son los valores de importancia relativa asignada, luego los de más valores se calculan en base a estos. Fuente: Elaboración Propia en base a la Tabla 9.

Asimismo, se calcula la razón de consistencia para esta matriz:

Tabla 23. Cálculo de la Razón de Consistencia del Criterio: Costo por Metro

$B^5 \times s^5$	$(B^5 \times s^5)/s^5$	Escalar x	3.0
0.79	3.0	Índice de Consistencia (CI)	0.01936
1.95	3.1	Consistencia Aleatoria (RI)	0.58
0.32	3.0	Razón de Consistencia (RC)	0.03

Nota: En la tabla B^5 = Matriz de calificación de las alternativas respecto al criterio costo por metro, s^5 = el vector de calificación de las alternativas respecto al criterio. Fuente: Elaboración Propia en base a la Tabla 22.

Debido a que la razón de consistencia es menor a 0.1, la matriz se considera válida y sin sesgos.

b.3 Calificación de las Alternativas

Finalmente, se procede a obtener la clasificación de las alternativas de acuerdo a los pesos de los criterios y las calificaciones obtenidas para cada alternativa por cada criterio:

Tabla 24. Matriz del Cálculo de Clasificación de las Alternativas.

Criterio j Alternativa i	Viabilidad de Uso	Facilidad de Mant.	Seguridad	Velocidad de Operación	Costo por metro	Vector de Calif. Global (v)	Clasificación
Alternativa 1: Transportador Motorizado de Rodillos	0.08	0.09	0.08	0.11	0.26	0.12	3
Alternativa 2: Transportador Motorizado de Cinta Plana	0.19	0.24	0.19	0.26	0.63	0.28	2
Alternativa 3: Manovía Eléctrica	0.72	0.67	0.72	0.63	0.11	0.65	1
Pesos de los Criterios (w)	0.38	0.07	0.38	0.07	0.16	1.0	

Nota: Los valores en rojo muestran las calificaciones globales de cada alternativa producto de la aplicación del método AHP. Fuente: Elaboración Propia en base a las Tablas 12, 14, 16, 18, 20 y 22.

De acuerdo con los resultados del método AHP la manovía eléctrica se considera como la mejor alternativa al obtener una calificación global de 0.65 en comparación con los

valores de 0.28 para el transportador motorizado de cinta plana y de 0.12 para el transportador motorizado de rodillos.

En resumen, para este objetivo se tomaron en cuenta 3 alternativas para la elección del equipo de manejo de materiales, de entre las cuales cada una cuenta con ventajas y desventajas tanto cuantitativas como cualitativas y es debido a esto que es fácil tomar una decisión errónea y sesgada, para esto el método AHP permitió realizar una toma de decisión basada en cálculos cuantitativos llegando al resultado de que la manovía eléctrica es la mejor alternativa sobre las otras dos.

Resultado del Objetivo Específico N° 3: “Elaborar la propuesta de redistribución”

Para el cumplimiento de este objetivo se tomó como base la secuencia de producción del modelo T-25 dado que todos los modelos de calzado solo varían en número de operaciones por proceso. Se empleó el método SLP, comenzando primero por valorar la importancia de cercanía entre áreas, reubicación (si fuera necesario), tamaño requerido de superficies y evaluación de alternativas de distribución.

a) Diagrama de Relación de Actividades

Para la valoración de la importancia de la cercanía entre áreas se utilizaron los códigos de cercanía que se definen a continuación:

Tabla 25. Códigos de Cercanía para la Elaboración del Diagrama de Relación de Actividades.

Código de Cercanía	Definición
A	Absolutamente necesario que estén juntos.
E	Especialmente importante
I	Importante.
O	Ordinariamente importante.
U	Sin importancia.
X	No deseable.

Nota: Fuente: Diseño de Instalaciones de Manufactura y Manejo de Materiales – Meyers y Stephens (2006).

Mientras que para destacar la razón de la asignación de los códigos de cercanía entre áreas se consideraron los siguientes códigos de razón:

Tabla 26. Códigos de Razón para la Justificación de los Códigos de Cercanía

Código de Razón	Definición
1	Mejorar el Flujo de Material y/o Producto
2	Mejorar el Flujo de Personal

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

De esta forma se obtuvo el diagrama de relación de actividades que se presenta a continuación:

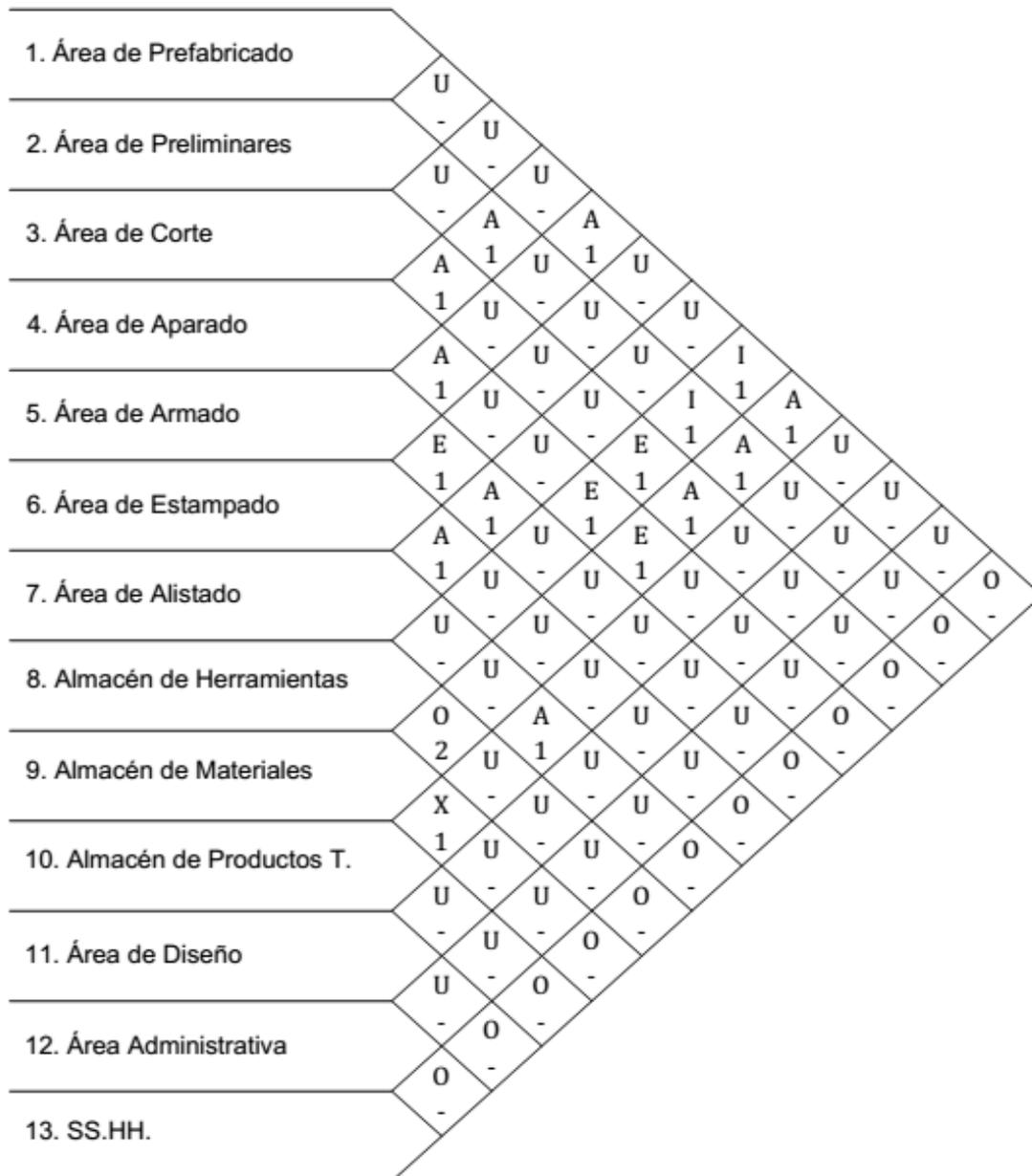


Figura 19. Diagrama de Relación de Actividades aplicado en la Empresa Calzature Atlántico S.A.C. Fuente: Elaboración Propia en base a la distribución actual de planta y secuencia de producción del calzado.

Con los resultados del diagrama realizado, se procedió a resumir y clasificar los códigos de cercanía asignados a cada área:

Tabla 27. Cuadro Resumen del Diagrama de Relación de Actividades

Área	A	E	I	O	U	X
1. Prefabricado	5,9		8	13	2-4,6,7,10-12	
2. Preliminares	4,9		8	13	1,3,5-7,10-12	
3. Corte	4,9	8		13	1,2,5-7,10-12	
4. Aparado	2,3,5	8,9		13	1,6,7,10-12	
5. Armado	1,4,7	6		13	2-3,8-12	
6. Estampado	7	5		13	1-4,8-12	
7. Alistado	5,6,10			13	1-4,7,8,9,11,12	
8. Almacén Herr.		3,4	1,2	9,13	5-7,10-12	
9. Almacén Mat.	1,2,3	4		8,13	5-7,9,11,12	10
10. Almacén P.T.	7			13	1-6,8,11,12	9
11. Diseño				13	1-12	
12. Área Adm.				13	1-12	
13. SS.HH.				1-12		

Nota: Este cuadro es una transcripción de los códigos asignados a cada área en el diagrama de relación de actividades de la Figura 19. Fuente: Elaboración Propia.

b) Diagrama Adimensional de Bloques

Luego de haber determinado la importancia de la cercanía entre áreas se procedió a elaborar el diagrama adimensional de bloques como el primer intento de distribución de planta. Para comenzar dicho diagrama se ubicaron primero las áreas con mayores códigos A y E, entonces de acuerdo con la Tabla 27 se empezó por ubicar primero el área de aparado, luego armado y almacén de materiales, y posteriormente procediendo a ubicar las demás por orden de importancia, en la siguiente figura se muestra dicho diagrama:

	1,4,7	6	5,9		3,4	
	5		1		8	
		13	8	13	1,2	9,13
11	7	5	4,9	8	4,9	
	6		3		2	13
		13		13	8	13
						1-12
7	5,6,10		2,3,5	8,9	1,2,3	4
	7		4		9	12
					X=10	
		13		13	8,13	13

LEYENDA			
1	Prefabricado	8	Álmacén de Herramientas
2	Preliminares	9	Álmacén de Materia Prima
3	Área de Corte	10	Álmacén de Producto Terminado
4	Área de Aparado	11	Área de Diseño
5	Área de Armado	12	Área Administrativa
6	Área de Estampado	13	Servicios Higiénicos
7	Área de Alistado		

Figura 20. Diagrama Adimensional de Bloques. Fuente: Elaboración Propia en base a la Tabla 27.

c) Redimensionamiento de Áreas

Luego se procedió a calcular las dimensiones requeridas para cada área, para el cual utilizamos el método de Guerchet, que considera los espacios necesarios para maquinaria estática, equipos móviles y el espacio necesario para operarlos, a dichos cálculos por área se adicionó un margen de 20% para considerar los espacios correspondientes a pasillos para el tránsito de los operadores:

1. Área de Prefabricado

Tabla 28. Cálculo del Área Superficial Aproximada correspondiente al Área de Prefabricado.

Elementos Fijos	n	N	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Radio (m)	SS	SS*n	SS*n*h	SG	SE	St	St Total	
Mesa con remachadora y cizalla	1	4	1.10	2.13	0.80	-	2.3	2.3	1.9	9.4	4.6	16.3	16.3	
Cortadora de suela	2	2	-	-	0.8	0.24	0.2	0.4	0.3	0.4	0.2	0.8	1.5	
Mesa con Tornillo de Banco y Ojilladora	1	4	0.60	1.28	0.80	-	0.8	0.8	0.6	3.1	1.5	5.3	5.3	
Lijadora de trompo	1	1	0.60	0.60	1.70	-	0.4	0.4	0.6	0.4	0.3	1.0	1.0	
Lijadora de suela	1	2	0.52	0.64	1.20	-	0.3	0.3	0.4	0.7	0.4	1.4	1.4	
Estantes	2	4	0.25	0.89	1.3	-	0.2	0.4	0.6	0.9	0.4	1.5	3.1	
Desbastadora de suela	1	2	0.44	0.5	0.8	-	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	0.9	0.9	
Mesa con Herramientas	1	2	-	-	0.7	0.32	0.3	0.3	0.2	0.6	0.4	1.3	1.3	
Compresora	1	1	-	-	1.8	0.26	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	0.6	0.6	
Maquina embarradora de rodillo	1	2	0.63	0.95	0.80	-	0.6	0.6	0.5	1.2	0.7	2.5	2.5	
Fresadora de suela + aspiradora	1	2	0.67	1.40	1.90	-	0.9	0.9	1.8	1.9	1.1	3.9	3.9	
Selladora de Suela	1	1	0.48	0.68	0.80	-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.9	0.9	
Troqueladora Excéntrica	1	1	1.28	1.48	1.80	-	1.9	1.9	3.4	1.9	1.5	5.3	5.3	
Secadora de suela	1	2	-	-	1.8	0.45	0.6	0.6	1.1	1.3	0.7	2.7	2.7	
Reactivadora de pegamento	2	2	0.23	0.50	0.70	-	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.5	1.0	
Troqueladora de Bandera	1	1	0.83	0.93	1.60	-	0.8	0.8	1.2	0.8	0.6	2.1	2.1	
Selladora de cuero	1	1	0.45	0.51	0.90	-	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.6	0.6	
Lijadora	2	2	0.58	1.79	1.50	-	1.0	2.1	3.1	2.1	1.2	4.3	8.7	
Dispensador de pegamento	1	2	0.64	0.86	1.60	-	0.6	0.6	0.9	1.1	0.6	2.3	2.3	
Maquina Pegadora	1	1	0.48	0.68	0.80	-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.9	0.9	
Esmeriladora	2	2	0.25	0.30	0.90	-	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.3	0.6	
									14.1	18.2			Área Total (m²)	63.0
													Área Total (+20%) (m²)	75.61

Elementos Móviles	n	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	SS	SS*n	SS*n*h
Operarios	4	-	-	1.65	0.5	2	3.3
				1.65		2	3.3

h_{EF}	1.65	h_{EM}	1.29	k	0.39
-----------------------	------	-----------------------	------	----------	------

Nota: Las dimensiones de las máquinas fueron obtenidas mediante la medición directa en planta. El número en rojo indica el valor aproximado del área superficial requerida para esta área. Fuente: Elaboración Propia.

2. Área de Preliminares

Tabla 29. Cálculo del Área Superficial Aproximada correspondiente al Área de Preliminares

Elementos Fijos	n	N	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Radio (m)	SS	SS*n	SS*n*h	SG	SE	St	St Total
Selladora de Talón	1	1	0.60	0.64	0.70	-	0.4	0.4	0.3	0.4	0.2	1.0	1.0
Cardadora de Calzado (Pulidora)	1	1	0.55	1.72	0.90	-	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	2.4	2.4
Mesas de trabajo	3	1	0.68	2.67	0.90	-	1.8	5.4	4.9	1.8	1.0	4.6	13.8
Mesa con herramientas	1	2	0.42	0.63	0.80	-	0.3	0.3	0.2	0.5	0.2	1.0	1.0
Pedestal Multipropósito	1	2	-	-	0.8	0.24	0.2	0.2	0.1	0.4	0.1	0.7	0.7
									7.2	6.4			
												Área Total (m²)	18.9
												Área Total (+20%) (m²)	22.65

Elementos Móviles	n	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	SS	SS*n	SS*n*h
Operarios	2	-	-	1.65	0.5	1	1.65
				1.65		1	1.65

h_{EF}	1.65	h_{EM}	0.88	k	0.27
-----------------------	------	-----------------------	------	----------	------

Nota: Las dimensiones de las máquinas fueron obtenidas mediante la medición directa en planta. El número en rojo indica el valor aproximado del área superficial requerida para esta área. Fuente: Elaboración Propia.

3. Área de Corte

Tabla 30. Cálculo del Área Superficial Aproximada correspondiente al Área de Corte

Elementos Fijos	n	N	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	SS	SS*n	SS*n*h	SG	SE	St	St Total		
Mesa de Corte	1	1	0.53	2.28	0.80	1.2	1.2	1.0	1.2	1.0	3.5	3.5		
Estante Multinivel	1	1	0.65	1.67	1.80	1.1	1.1	2.0	1.1	0.9	3.1	3.1		
Estantes	5	1	0.30	1.50	1.90	0.5	2.3	4.3	0.5	0.4	1.3	6.4		
Esmeriladora	1	2	0.42	0.48	0.80	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	0.9	0.9		
Mesa con Materiales	1	1	0.53	2.28	0.90	1.2	1.2	1.1	1.2	1.0	3.5	3.5		
							6.0	8.4				Área Total (m ²)	17.3	
													Área Total (+20%) (m ²)	20.78

Elementos Móviles	n	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	SS	SS*n	SS*n*h
Operarios	2	-	-	1.65	0.5	1	1.65
				1.65		1	1.65

h_{EF}	1.65	h_{EM}	1.42	k	0.43
-----------------------	------	-----------------------	------	----------	------

Nota: Las dimensiones de las máquinas fueron obtenidas mediante la medición directa en planta. El número en rojo indica el valor aproximado del área superficial requerida para esta área. Fuente: Elaboración Propia.

4. Área de Aparado

Tabla 31, Cálculo del Área Superficial Aproximada correspondiente al Área de Aparado

Elementos Fijos	n	N	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	SS	SS*n	SS*n*h	SG	SE	St	St Total	
Desbastadora de Cuero	2	1	0.50	1.00	0.95	0.5	1.0	1.0	0.5	0.7	1.7	3.5	
Picadora de Cuero	2	1	0.52	1.20	1.20	0.6	1.2	1.5	0.6	0.9	2.2	4.3	
Maquina de Coser Zigzag	2	1	0.52	1.20	1.20	0.6	1.2	1.5	0.6	0.9	2.2	4.3	
Aparador de poste de una aguja	1	1	0.52	1.20	1.20	0.6	0.6	0.7	0.6	0.9	2.2	2.2	
Aparador de poste de dos agujas	1	1	0.54	1.15	1.20	0.6	0.6	0.7	0.6	0.9	2.2	2.2	
Maquina Ribeteadora	1	1	0.50	0.80	1.20	0.4	0.4	0.5	0.4	0.6	1.4	1.4	
Maquina Aparadoras Planas	8	1	0.53	1.20	1.20	0.6	5.1	6.1	0.6	0.9	2.2	17.6	
Mesa con Herramientas	1	1	0.53	0.40	90.00	0.2	0.2	19.1	0.2	0.3	0.7	0.7	
Sillas	17	1	0.45	0.50	0.90	0.2	3.8	3.4	0.2	0.3	0.8	13.3	
							14.3	34.5				Área Total (m ²)	49.5
												Área Total (+20%) (m ²)	59.36

Elementos Móviles	n	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	SS	SS*n	SS*n*h
Operarios	5	-	-	1.65	0.5	2.5	4.125
				1.65		2.5	4.125

h_{EF}	1.65	h_{EM}	2.42	k	0.73
-----------------------	------	-----------------------	------	----------	------

Nota: Las dimensiones de las máquinas fueron obtenidas mediante la medición directa en planta. El número en rojo indica el valor aproximado del área superficial requerida para esta área. Fuente: Elaboración Propia.

5. Área de Armado

El cálculo aproximado para esta área consideró las dimensiones de ancho y alto típicos de una manovía, siendo estos de 1.50 m y 1.20 m respectivamente, respecto al largo se consideró una extensión de 10 m que es el necesario para realizar una distribución equitativa y espaciada de la maquinaria actual en esta área. Además, se consideraron también 3 mesas de 1.20 m de largo por 0.3 m de ancho para colocar las hormas al inicio del proceso.

Tabla 32. Cálculo del Área Superficial Aproximada correspondiente al Área de Armado

Elementos Fijos	n	N	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Radio (m)	SS	SS*n	SS*n*h	SG	SE	St	St Total	
Estante con Hormas	3	4	0.30	1.20	0.90	-	0.4	1.1	1.0	1.4	0.6	2.4	7.3	
Prensa de Suelas	1	1	0.43	0.68	1.20	-	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.8	0.8	
Colocadora de Puntera Termoplástico	1	2	-	-	1.40	0.28	0.2	0.2	0.3	0.5	0.3	1.0	1.0	
Recortadora de Falsa	1	1	0.54	0.47	1.00	-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.7	0.7	
Horno Vaporizador	1	1	0.41	0.44	1.35	-	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.5	0.5	
Pedestal Multipropósito	1	2	-	-	0.80	0.24	0.2	0.2	0.1	0.4	0.2	0.7	0.7	
Horno Secado	1	1	0.76	0.36	1.35	-	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.7	0.7	
Enjaretadora	1	2	0.50	0.81	0.90	-	0.4	0.4	0.4	0.8	0.4	1.6	1.6	
Cerradora de Punta / Talón	1	2	0.53	0.68	0.90	-	0.4	0.4	0.3	0.7	0.4	1.5	1.5	
Martilladora	1	1	0.70	0.55	1.35	-	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3	1.0	1.0	
Reactivadora de pegamento	1	2	0.23	0.50	0.70	-	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.5	0.5	
Clavadora de Taco	1	2	0.50	0.50	1.85	-	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	1.0	1.0	
Manovía	1	2	1.5	10.0	1.20	-	15.0	15.0	18.0	30.0	16.1	61.1	61.1	
									19.0	22.4			Área Total (m²)	78.5
													Área Total (+20%) (m²)	94.2

Elementos Móviles	n	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	SS	SS*n	SS*n*h
Operarios	7	-	-	1.65	0.5	3.5	5.775
						3.5	5.775

h_{EF}	1.65	h_{EM}	1.18	k	0.36
-----------------------	------	-----------------------	------	----------	------

Nota: Las dimensiones de las máquinas fueron obtenidas mediante la medición directa en planta. El número en rojo indica el valor aproximado del área superficial requerida para esta área. Fuente: Elaboración Propia.

6. Área de Estampado

Tabla 33. Cálculo del Área Superficial Aproximada correspondiente al Área de Estampado

Elementos Fijos	n	N	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	SS	SS*n	SS*n*h	SG	SE	St	St Total	
Estampadora	1	1	0.60	0.80	1.50	0.5	0.5	0.7	0.5	0.3	1.2	1.0	
Prensa para calzado	1	1	0.49	0.93	0.90	0.5	0.5	0.4	0.5	0.3	1.2	1.2	
Compresora	1	1	0.50	1.25	0.50	0.6	0.6	0.3	0.6	0.4	1.6	1.6	
Cardadora de calzado (Pulidora)	1	1	0.58	1.79	1.50	1.0	1.0	1.6	1.0	0.6	2.7	2.7	
Pegadora de forro	1	1	0.98	1.29	0.80	1.3	1.3	1.0	1.3	0.7	3.3	3.3	
Selladora de bolsas	1	1	0.90	1.01	0.80	0.9	0.9	0.7	0.9	0.5	2.3	2.3	
Mesa con materiales apilados (Largo)	1	1	0.62	2.21	0.90	1.4	1.4	1.2	1.4	0.8	3.5	3.5	
Mesa con materiales apilados (Corto)	2	1	0.62	0.80	0.90	0.5	1.0	0.9	0.5	0.3	1.3	2.6	
Estantes (Cortos)	12	1	0.29	0.98	1.3	0.3	3.4	4.4	0.3	0.2	0.7	8.8	
Mesa con Herramientas	1	1	0.69	2.26	0.70	1.6	1.6	1.1	1.6	0.9	4.0	4.0	
Esmerilador	1	2	0.42	0.48	0.80	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	0.8	0.8	
Mesa de pintar	1	1	0.63	2.28	1.10	1.4	1.4	1.6	1.4	0.8	3.7	3.7	
Mesa con Herramientas circular	1	1	1.57	1.57	1.00	2.5	2.5	2.5	2.5	1.4	6.4	6.4	
Estantes (Largos)	4	2	0.55	1.98	0.70	1.1	4.4	3.0	2.2	0.9	4.2	16.9	
							20.6	19.6				Área Total (m²)	58.7
												Área Total (+20%) (m²)	70.41

Elementos Móviles	n	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	SS	SS*n	SS*n*h
Operarios	4	-	-	1.65	0.5	2	3.3
				1.65		2	3.3

h_{EF}	1.65	h_{EM}	0.96	k	0.29
-----------------------	------	-----------------------	------	----------	------

Nota: Las dimensiones de las máquinas fueron obtenidas mediante la medición directa en planta. El número en rojo indica el valor aproximado del área superficial requerida para esta área. Fuente: Elaboración Propia.

7. Área de Alistado

Tabla 34. Cálculo del Área Superficial Aproximada correspondiente al Área de Alistado

Elementos Fijos	n	N	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	SS	SS*n	SS*n*h	SG	SE	St	St Total	
Cardadora de Calzado (Pulidora)	2	1	0.45	1.10	1.30	0.5	1.0	1.3	0.5	0.3	1.3	2.6	
Selladora de plantillas	1	1	0.50	0.59	0.90	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.8	0.8	
Estantes	3	1	0.38	1.14	1.50	0.4	1.3	1.9	0.4	0.3	1.1	3.4	
Mesas de trabajo	3	1	0.68	2.17	0.90	1.5	4.4	4.0	1.5	1.0	3.9	11.7	
							7.0	7.5				Área Total (m²)	18.6
												Área Total (+20%) (m²)	22.27

Elementos Móviles	n	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	SS	SS*n	SS*n*h
Operarios	3	-	-	1.65	0.5	1.5	2.475
				1.65		1.5	2.475

h_{EF}	1.65	h_{EM}	1.07	k	0.32
-----------------------	------	-----------------------	------	----------	------

Nota: Las dimensiones de las máquinas fueron obtenidas mediante la medición directa en planta. El número en rojo indica el valor aproximado del área superficial requerida para esta área. Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se presenta un cuadro resumen de las áreas aproximadas obtenidas por el método Guerchet y un estimado de dimensiones aproximadas, así también se muestra un comparativo con las áreas actuales:

Tabla 35. Cálculo del Área Superficial Aproximada correspondiente al Área de Alistado

Área	Espacio Actual (m²)	Requerimiento (m²)	Dimensión Aproximada
Prefabricado	154.3	75.61	10.5 x 7.0 m
Preliminares	69.4	22.65	5.5 x 4.0 m
Corte	42.5	20.78	5.0 x 4.0 m
Aparado	53.7	59.36	8.0 x 7.0 m
Armado	132.3	94.2	14.5 x 6.5 m
Estampado	92.3	70.41	10.0 x 7.0 m
Alistado	44.1	22.27	5.0 x 4.0 m
Total	588.6	365.3	-

Nota: Los valores se obtuvieron de las tablas 28 a 34. Fuente: Elaboración Propia.

Adicionalmente a estos cálculos se sumaron las superficies actuales correspondientes a las áreas auxiliares al proceso de producción, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 36. Áreas Superficiales de Áreas Auxiliares al Proceso de Producción

Área	Espacio (m²)
Área de Diseño	39.2
Almacén de Materia Prima	35.7
Almacén de Herramientas	35.7
Almacén de Productos Terminados	44.1
Área Administrativa	35.7
SSHH	28.5

Nota: Los valores corresponden a la medición de áreas en planta. Fuente: Elaboración Propia.

Luego, según los cálculos aproximados de áreas la planta queda redistribuida de la siguiente manera:

Diseño	Armado			Prefabricado	SS.HH.
Estampado			Corte	Preliminares	Almacén de Herramientas
Ingreso	Almacén de Prod.Terminado	Alistado	Aparado	Almacén de M.P.	Área Administrativa

Figura 21. Propuesta Inicial de Distribución de Planta. Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a esta propuesta inicial se calcula una distancia promedio recorrida de 166.39 m y 4 puntos de tráfico, tal como se muestra en los siguientes gráficos:

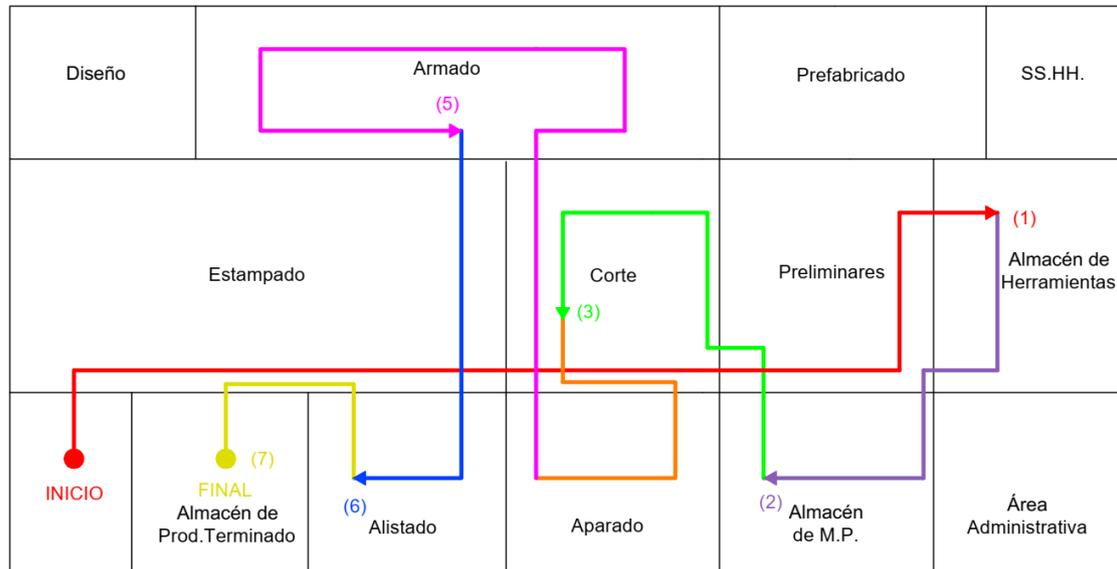
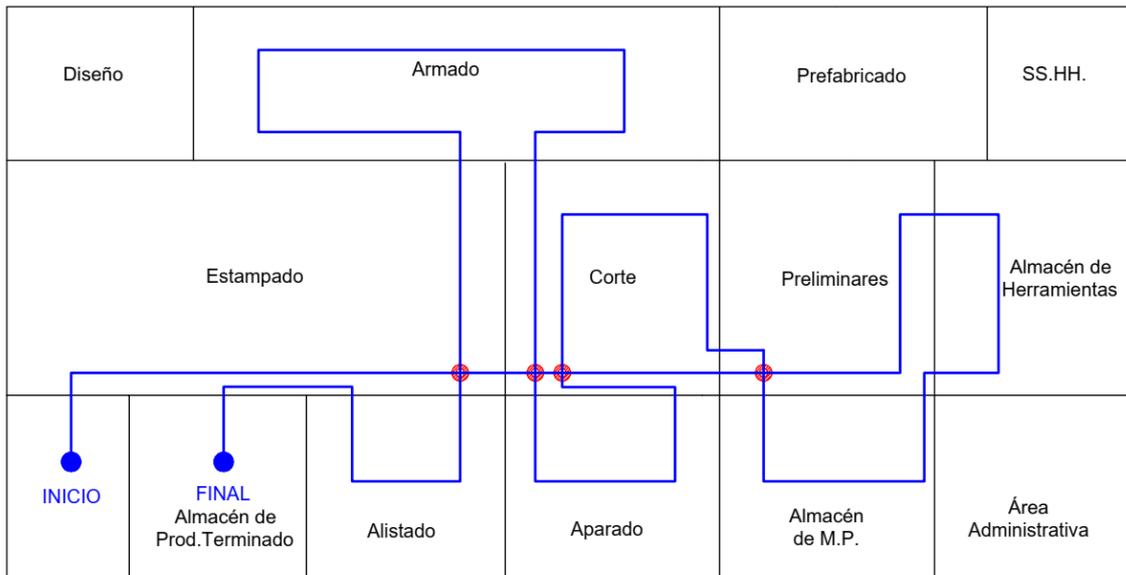


Figura 22. Diagrama de Recorrido de la Propuesta Inicial de Distribución de Planta. Fuente: Elaboración Propia.



LEYENDA	
	Trayectoria de Recorrido
	Punto de Tráfico

Figura 23. Puntos de Tráfico de la Propuesta Inicial de Distribución de Planta. Fuente: Elaboración Propia.

d) Evaluación de alternativas de distribución

De acuerdo con la metodología SLP es necesario evaluar alternativas de distribución a parte de la primera propuesta dada por el diagrama adimensional de bloques. Para comparar las propuestas hemos considerado que la mejor alternativa es aquel que minimice el recorrido del proceso de producción y los puntos de tráfico. Una propuesta alternativa se presenta a continuación:

Diseño	Armado			Prefabricado	SS.HH.	
Estampado			Corte		Preliminares	
Ingreso	Almacén de Prod.Terminado	Alistado	Aparado	Almacén de Materiales	Almacén de Herramientas	Área Administrativa

Figura 24. Propuesta Alternativa de Distribución de Planta. Fuente: Elaboración Propia.

Esta alternativa de distribución nos da una distancia promedio recorrida de 155.49 m y 4 puntos de tráfico, cuyos gráficos se presentan a continuación:

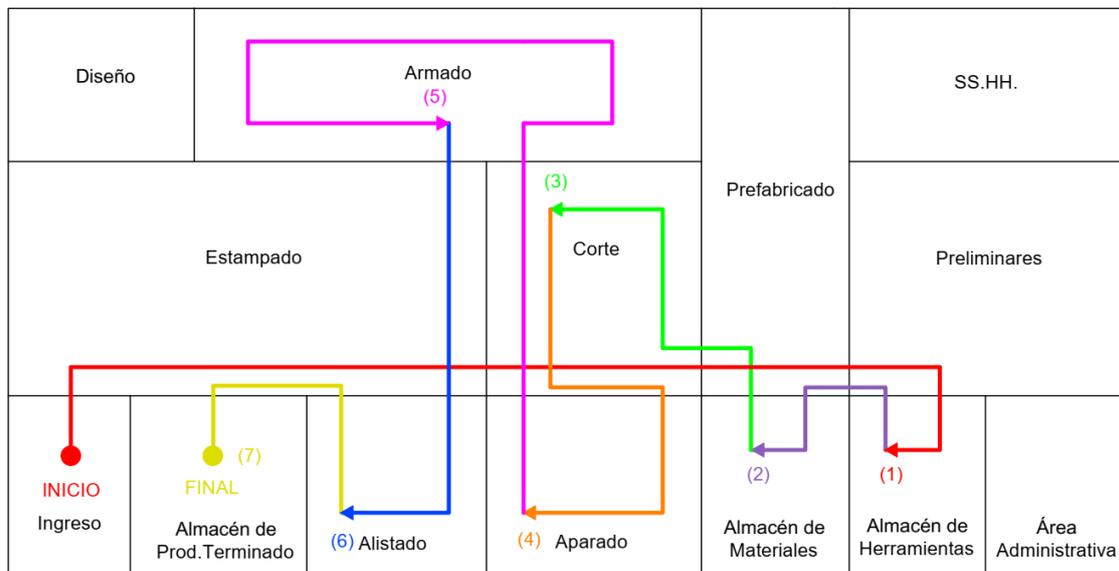


Figura 25. Diagrama de Recorrido de la Propuesta Alternativa de Distribución de Planta. Fuente: Elaboración Propia.

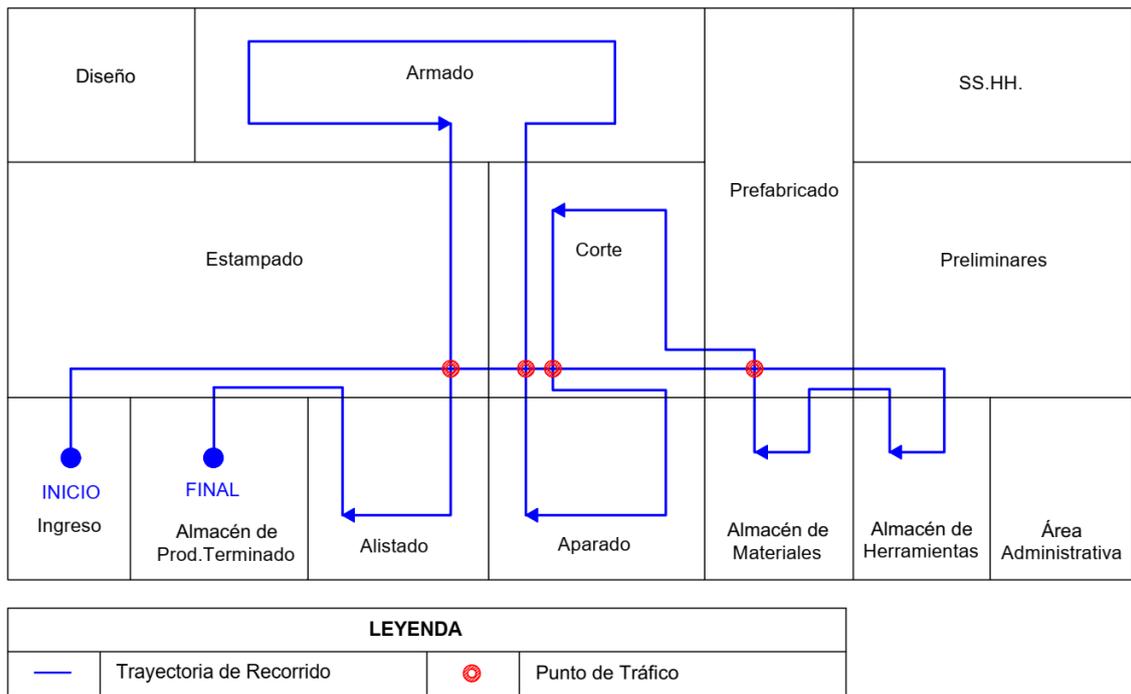


Figura 26. Puntos de Tráfico de la Propuesta Alternativa de Distribución de Planta. Fuente: Elaboración Propia.

Luego se comparó la propuesta inicial y la propuesta alternativa en la siguiente tabla:

Tabla 37. Cuadro de Comparación de las Propuestas de Redistribución

Factor	Unidades	Propuesta Inicial	Propuesta Alternativa
Distancia Recorrida por docena producida	m	166.39	155.49
Puntos de tráfico cruzado	-	4	4

Nota: Datos obtenidos de los trazos realizados sobre el plano de distribución a escala de la planta en AutoCAD. Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a la tabla, ambas distribuciones producen los mismos puntos de tráfico, pero debido a que la segunda propuesta produce una distancia recorrida más baja, se considera que es mejor opción que la propuesta inicial.

e) Organización de maquinaria y muebles

La organización de la maquinaria y muebles realizado para cada área se realizó respetando la normativa NTP 434: Superficies de trabajo seguras. El detalle para cada área se describe a continuación:

1. Áreas de Prefabricado

La distribución asignada para esta área consistió en agrupar las máquinas de acuerdo a su función: troqueladoras, lijadoras y esmeriles, máquinas de corte y máquinas para pegamento, esto por el motivo de que en esta área se elaboran distintos accesorios para calzado que no siguen el mismo recorrido.

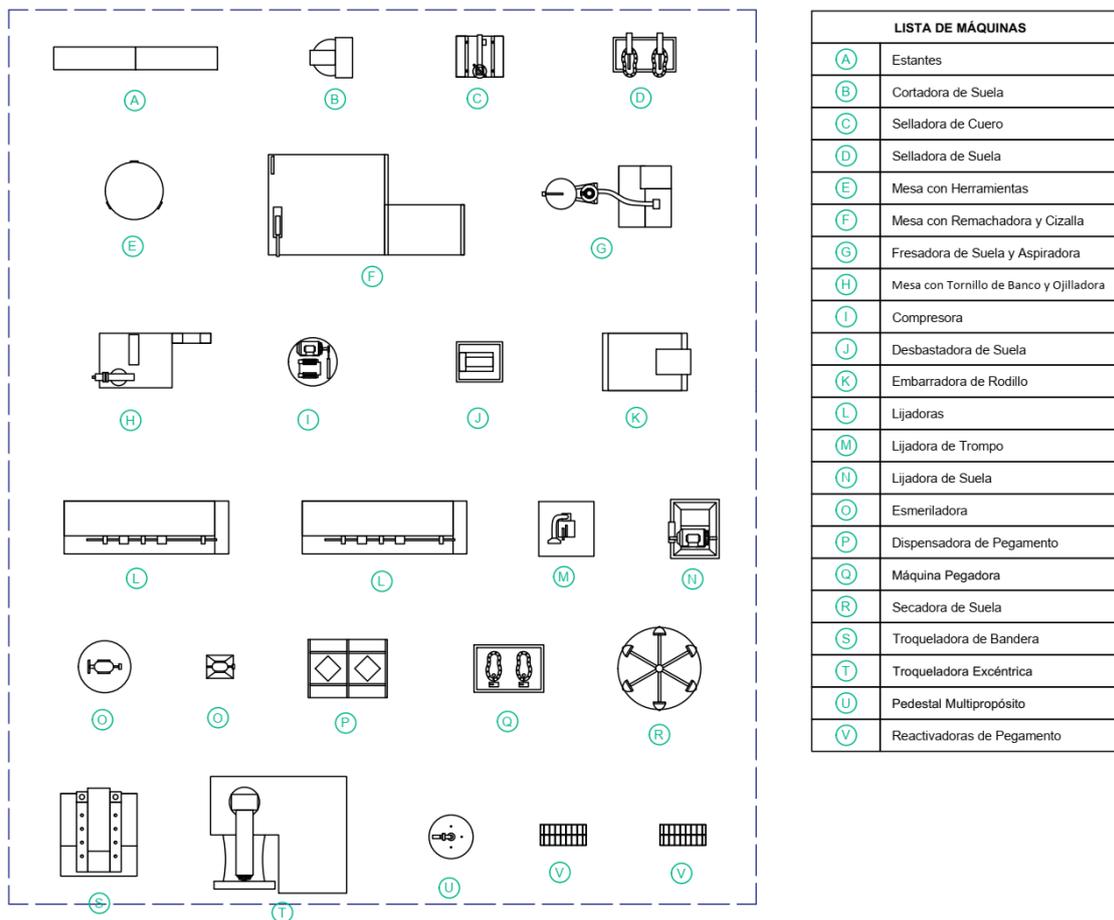


Figura 27. Redistribución de Maquinaria en el Área de Prefabricado. Fuente: Elaboración Propia.

2. Área de Preliminares

La redistribución de esta área involucró organizar las mesas y máquinas de manera espaciada con la finalidad de que el personal pueda recorrer el área sin obstaculizar el trabajo de los operadores.

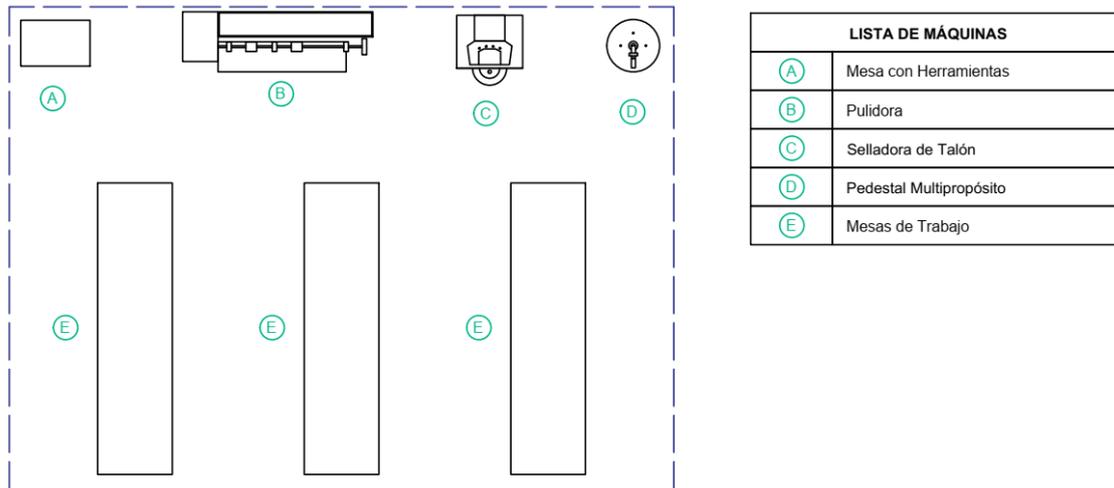


Figura 28. Redistribución de Maquinaria en el Área de Preliminares. Fuente: Elaboración Propia.

3. Área de Corte

El área de corte se redistribuye de forma que el operario recorra una trayectoria lo más lineal posible, tal como se observa en la siguiente figura:

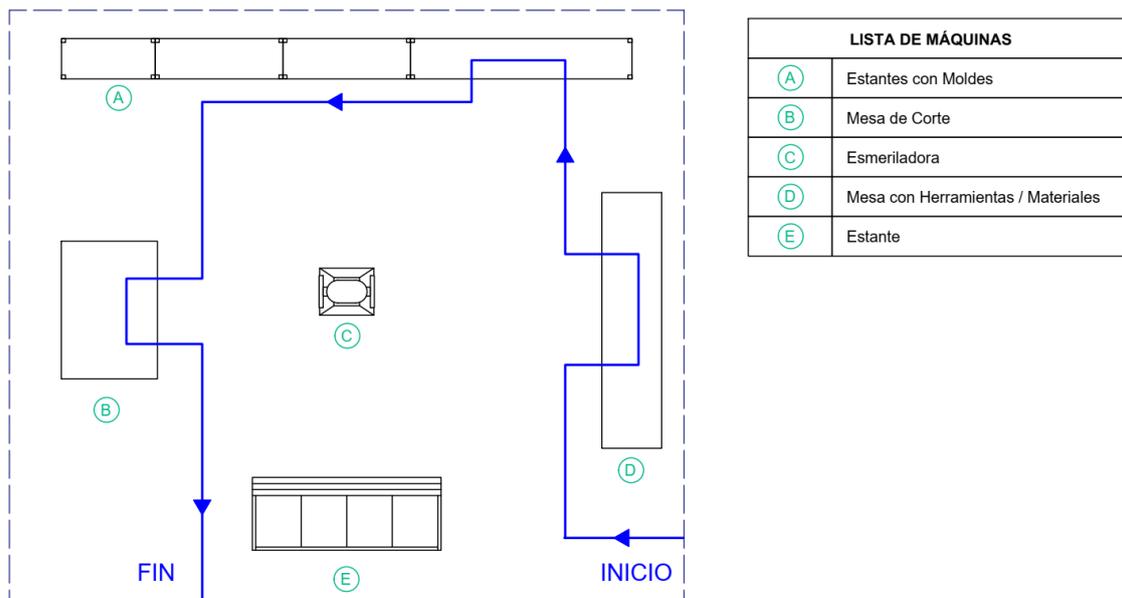
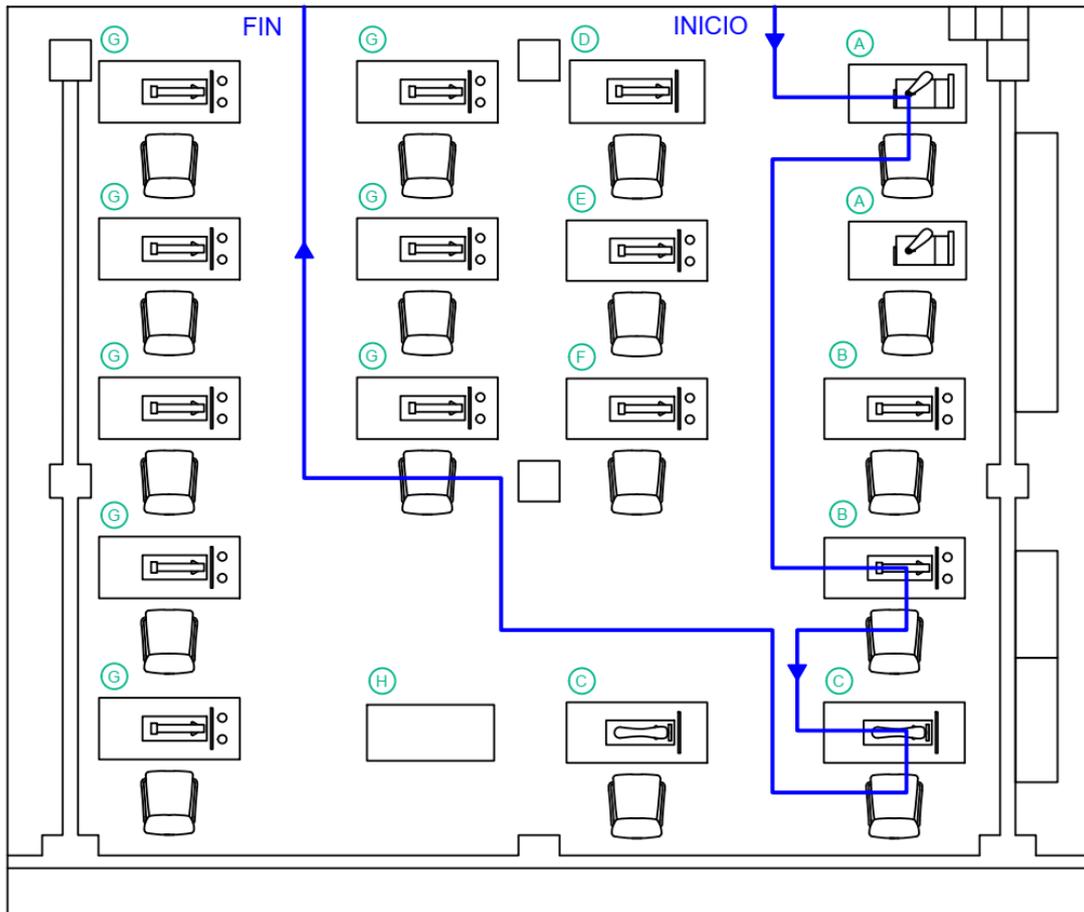


Figura 29. Redistribución del Área de Corte. Fuente: Elaboración Propia.

3. Área de Aparado

La redistribución de esta área consistió en separar espaciadamente las máquinas y de una forma tal que los operadores puedan recorrer el área de la manera más lineal posible, evitando tráfico cruzado y retrocesos, con estos arreglos se eliminan los puntos de tráfico en la trayectoria de los operarios en esta área y su distancia recorrida disminuye de 27.48 m a 23.95 m



LEYENDA	
	Trayectoria de Recorrido
	Punto de Tráfico

LISTA DE MÁQUINAS	
(A)	Desbastadora de Cuero
(B)	Maquina de Coser Zig-Zag
(C)	Picadora de Cuero
(D)	Aparadora de Poste de una Aguja
(E)	Aparadora de Poste de dos Agujas
(F)	Maquina Ribeteadora
(G)	Aparadora Plana
(H)	Mesa con Herramientas

Figura 30. Redistribución de Maquinaria en el Área de Aparado. Fuente: Elaboración Propia.

4. Área de Armado

La distribución de los equipos en el área de armado se organizó en forma de U alrededor de la manovía a una distancia de 1.20 m y respetando el orden de su distribución actual (Ver Figura 15). La instalación de la manovía transformó esta área en una línea de ensamble en la cual se situarán trabajadores a lo largo de esta, luego las distancias recorridas por los trabajadores para producir una docena disminuyen de 85.5 m a 38.17 m y se eliminan los puntos de tráfico cruzado, como se observa en la siguiente figura:

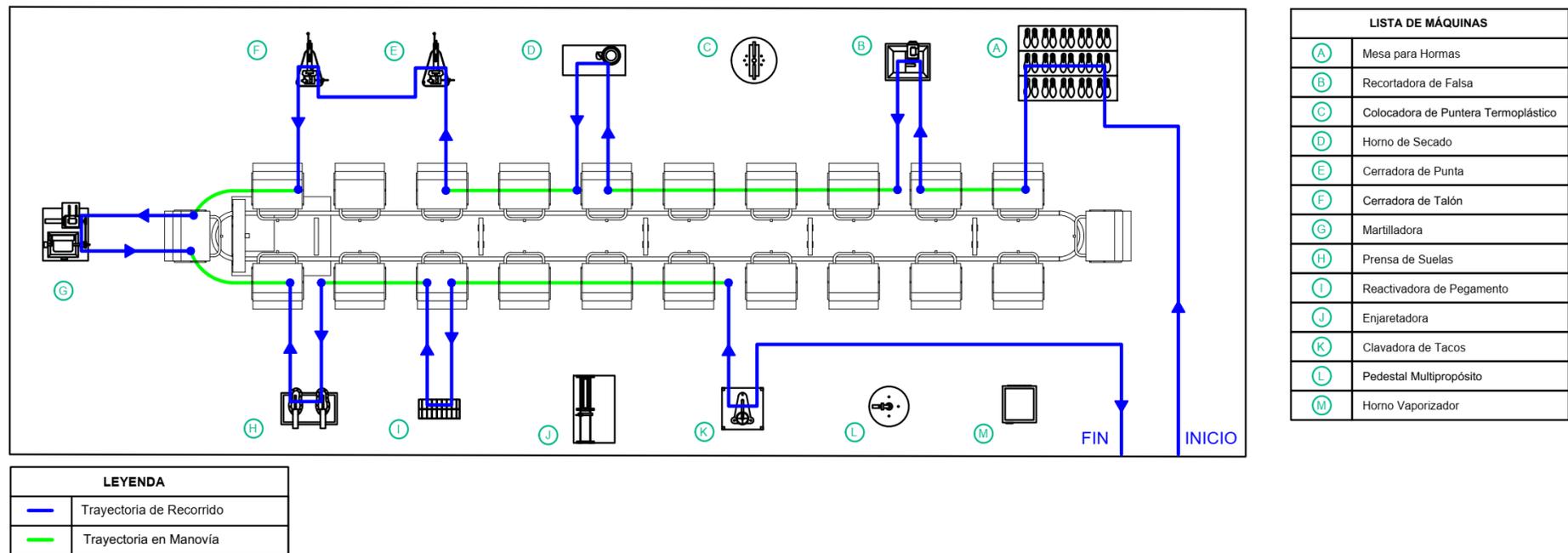


Figura 31. Redistribución de Maquinaria en el Área de Armado. Fuente: Elaboración Propia.

5. Área de Alistado

La redistribución del área consistió en separar las mesas y máquinas de manera espaciada de forma que los operadores puedan transitar libremente hacia el área de producto terminado sin obstaculizar el trabajo de los demás operadores y realizando una trayectoria lo más lineal posible.

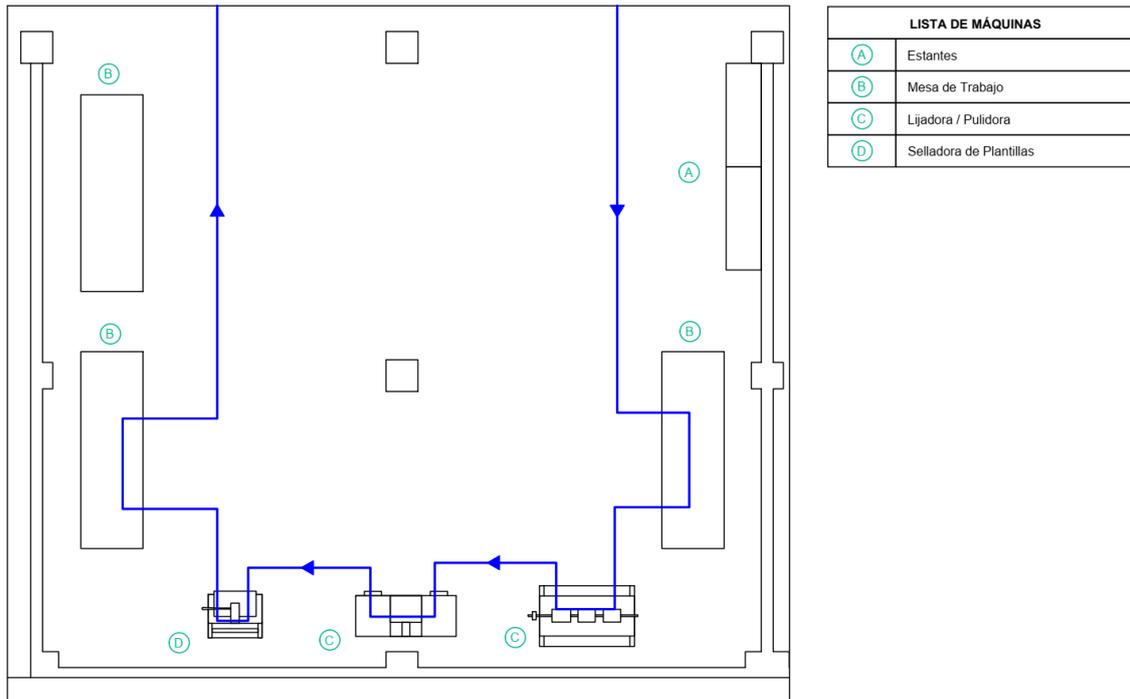


Figura 32. Redistribución de Maquinaria en el Área de Alistado. Fuente: Elaboración Propia.

6. Área de Estampado

La redistribución del área consistió en separar los estantes y maquinaria espaciadamente, así como agrupar los estantes una zona y la maquinaria en otra de forma que las diversas operaciones que se realizan en esta área se agilicen y se evite el tráfico cruzado.

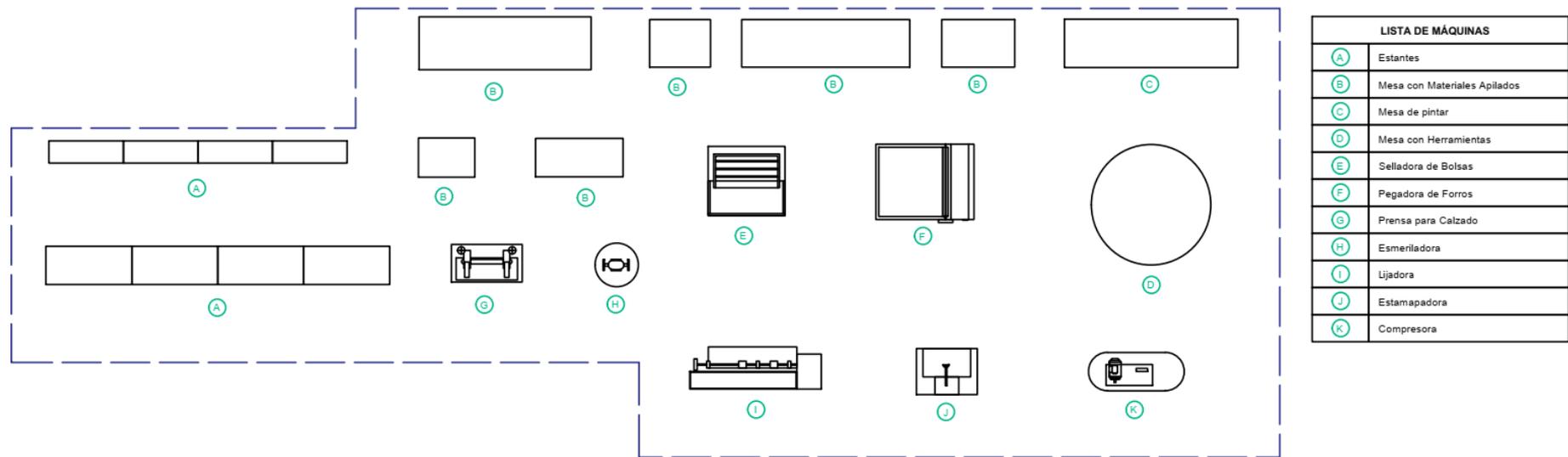


Figura 33. Redistribución de Maquinaria en el Área de Estampado. Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a lo descrito anteriormente las áreas de la planta quedan organizadas de la siguiente forma:

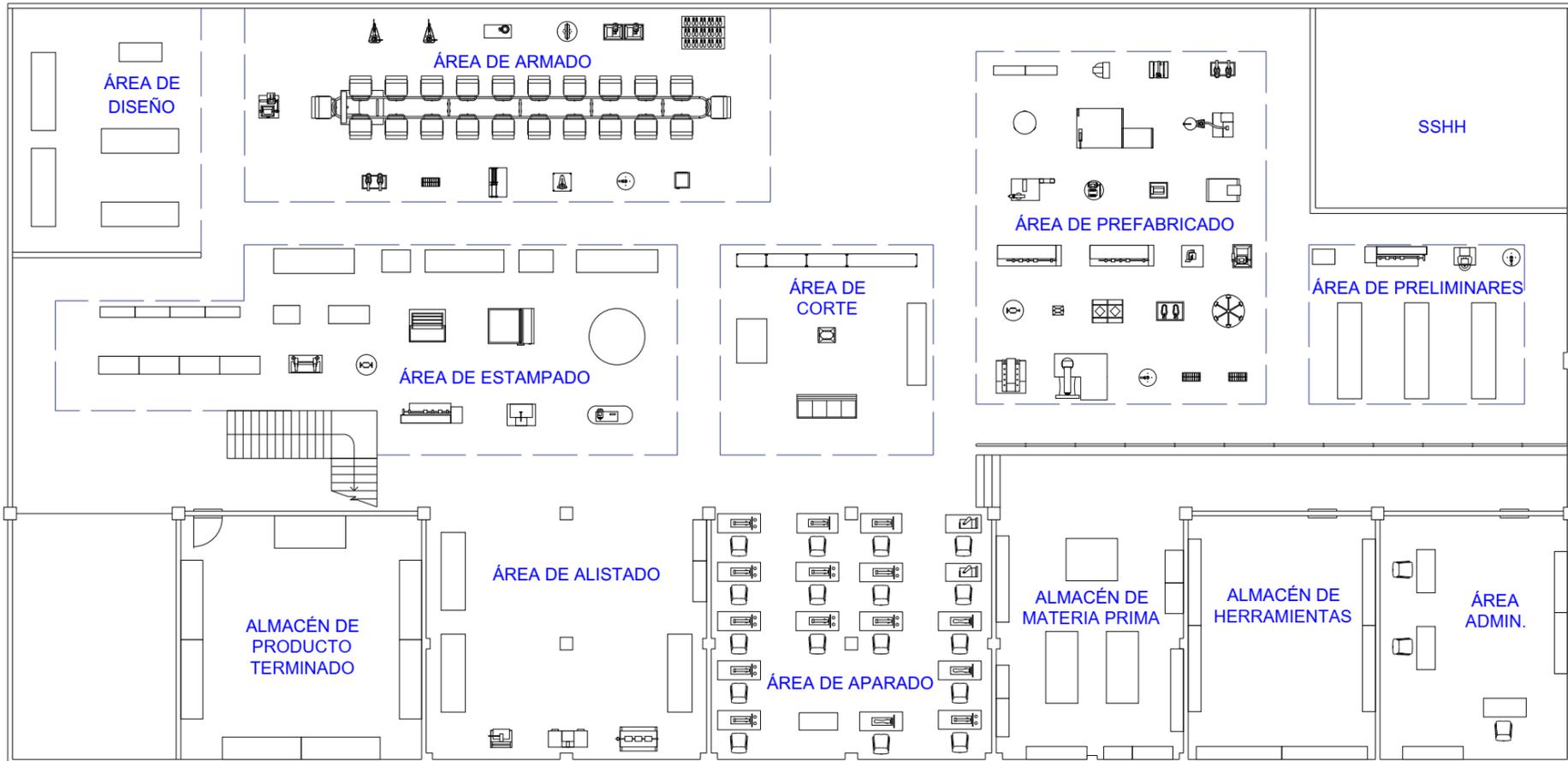


Figura 34. Redistribución de Planta a Detalle. Fuente: Elaboración Propia.

f) Comparación de la distribución actual y la propuesta

Finalmente se procedió a comparar la propuesta de redistribución realizada con la distribución actual, para esto se realizó primero una comparación cuantitativa y luego una cualitativa ponderada:

1. Comparación Cuantitativa

Para la comparación cuantitativa se consideran los siguientes factores:

- Distancia recorrida por docena de pares producido.
- Puntos de tráfico cruzado.

A continuación, se presenta un resumen de dicha comparación:

Tabla 38. Cuadro Comparativo Cuantitativo de la Distribución Actual vs la Propuesta

Factor	Unidades	Actual	Propuesta
Distancia Promedio Recorrida por docena producida	m	264.17	155.49
Puntos de tráfico cruzado	-	8	4

Nota: Datos obtenidos de los trazos realizados sobre los planos de distribución a escala de la planta en AutoCAD. Fuente: Elaboración Propia.

La distribución propuesta ofrece una menor distancia recorrida por cada docena de pares de zapatos producido, así también menos puntos de tráfico entre áreas.

2. Comparación Cualitativa

Para la comparación cualitativa se consideraron los siguientes factores, los cuales tienen asignados un porcentaje de importancia:

- Facilidad de supervisión y control (10%)
- Facilidad de transporte de materiales (40%)
- Facilidad de recorrido del personal a través de la planta (15%)
- Adaptación a la infraestructura y seguridad (10%)
- Seguridad (25%)

El procedimiento consistió en asignar una calificación por cada factor, el cual corresponde a un puntaje:

Tabla 39. Puntajes para la Calificación de Factores Cualitativos de las Distribuciones

Calificación	Puntaje
Muy Bueno	3
Bueno	2
Regular	1
Malo	0
Deficiente	-1

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Con los puntajes asignados, se obtuvo un valor ponderado total para cada alternativa al multiplicar los puntajes por el % de importancia de cada factor y luego sumándolos:

Tabla 40. Cuadro Comparativo Cualitativo de la Distribución Actual vs la Propuesta

Factor	Ponderación	Actual	Propuesta
Facilidad de supervisión y control	10%	1	3
Facilidad de transporte de materiales	40%	1	2
Facilidad de recorrido del personal	15%	0	3
Adaptación a la infraestructura	10%	2	2
Seguridad	25%	-1	2
Total	100%	0.45	2.25

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

El análisis cualitativo dio un valor ponderado total de 2.25 para la distribución propuesta en comparación con el valor de 0.45 para la distribución actual. En base a ambos análisis se considera que la distribución propuesta es mejor alternativa en comparación con la distribución actual.

En resumen, la redistribución de las áreas principales de producción redujo la distancia recorrida total de los operarios de 264.17 m a 155.49 m y los puntos de tráfico entre áreas de 8 a 4. Luego, la redistribución de maquinaria y mesas permitió que las trayectorias de recorrido para los operadores y/o transporte de material sea segura y ordenada siguiendo una trayectoria lo más lineal posible de acuerdo a la secuencia de producción. En específico, en el área de armado se calculó un requerimiento de espacio de 59.36 m² y cuya redistribución de maquinaria eliminó los puntos de tráfico y retrocesos y la distancia recorrida por el operador en esta área disminuyó de 27.48 m a 23.95 m, mientras que en el área de armado donde se instalará la manovía se calculó un requerimiento de espacio de 94.2 m² logrando disminuir la distancia recorrida de 85.50 m a 38.17 m, eliminando también los puntos de tráfico.

Resultado del Objetivo Específico N° 4: “Simular el proceso con la alternativa seleccionada”

Para el cumplimiento de este objetivo se elaboró un modelo de simulación para el proceso de aparado y armado en base a los tiempos de sus operaciones, luego se realizó una validación de dichos modelos mediante la comparación de los tiempos simulados con los reales, para posteriormente simular los mismos procesos, pero con la manovía instalada y finalmente se compararon los resultados de los tiempos antes y después de la instalación de la manovía.

1. Definición del Sistema

a) Entidad: Representa aquel elemento del sistema real que se desea observar cómo evoluciona durante la simulación, en este caso se consideró como entidad a: Una Docena de Pares de Zapatos.

b) Variables: Representan los resultados relevantes que se obtendrán del modelo de simulación, en este caso, se consideró como variable el: Tiempo Total del Proceso de Aparado y Armado cada uno con unidades en Horas / Docena.

c) Procesos: Representa la secuencia de operaciones que seguirá el modelo de simulación y cuyas duraciones pueden seguir algún tipo de distribución estadística. Para simplificar el modelo simulación se agruparon las operaciones secuenciales realizadas en mesa y/o máquina porque el objetivo es resaltar los tiempos improductivos. Las operaciones consideradas para el modelo de simulación se basan en el diagrama de operaciones del proceso (Ver Anexo 1) y se muestran a continuación en las siguientes tablas:

Tabla 41. Secuencia de Operaciones del Proceso de Aparado para el Modelo de Simulación.

N	Proceso
1	Separar Piezas de Corte
2	Dirigirse a Maquina Desbastadora + Demora por Máquina Ocupada
3	Operación de Desbastado
4	Operación en Mesa
5	Dirigirse a Máquina de Coser Zig-Zag + Demora por Máquina Ocupada
6	Operación en Máquina de Coser Zig-Zag
7	Operación en Mesa
8	Operación en Máquina de Coser Zig-Zag
9	Operación en Mesa

10	Dirigirse a Maquina Picadora + Demora por Máquina Ocupada
11	Operación en Maquina Picadora
12	Operación en Mesa
13	Dirigirse a Maquina Aparadora
14	Operación en Maquina Aparadora
15	Operación en Mesa
16	Operación en Maquina Aparadora
17	Operación en Mesa
18	Operación en Maquina Aparadora
19	Operación en Mesa
20	Operación en Maquina Aparadora
21	Operación en Mesa

Nota: Las operaciones secuenciales realizadas en mesa y/o máquina se consideraron como una sola operación, por ejemplo, la operación 4 abarca un conjunto de 3 operaciones que se realizan en mesa, pero se consideraron como una sola operación. Fuente: Diagrama de Operaciones del Proceso.

Tabla 42. Secuencia de Operaciones del Proceso de Armado para el Modelo de Simulación.

N	Proceso
1	Búsqueda de Hormas
2	Dirigirse a Mesa de Trabajo
3	Ordenar Hormas
4	Dirigirse a Recortadora de Falsas
5	Operación de Cortado
6	Regresa a Mesa de Trabajo
7	Operación en Mesa
8	Dirigirse al Horno de Secado
9	Operación de Secado
10	Regresa a Mesa de Trabajo
11	Operación en Mesa
12	Dirigirse al Horno de Secado
13	Demora por máquina ocupada
14	Operación de Secado
15	Regresa a Mesa de Trabajo
16	Operación en Mesa
17	Dirigirse a la Cerradora de Punta / Talón
18	Demora por máquina ocupada
19	Operación de Armado

20	Regresa a Mesa de Trabajo
21	Operación en Mesa
22	Dirigirse al Horno de Secado
23	Demora por máquina ocupada
24	Operación de Secado
25	Regresa a Mesa de Trabajo
26	Operación en Mesa
27	Dirigirse a la Prensa de Suelas
28	Demora por máquina ocupada
29	Operación de Pegado a Presión
30	Regresa a Mesa de Trabajo
31	Operación en Mesa
32	Dirigirse a Cocina Reactivadora
33	Demora por máquina ocupada
34	Operación de Reactivado
35	Regresa a Mesa de Trabajo
36	Operación en Mesa
37	Dirigirse a Clavadora de Tacos
38	Demora por máquina ocupada
39	Operación de Clavado
40	Regresa a Mesa de Trabajo
41	Operación en Mesa

Nota: Las operaciones secuenciales realizadas en mesa y/o máquina se consideraron como una sola operación, por ejemplo, la operación 11 abarca 3 operaciones realizadas en mesa, pero se consideraron como una sola operación. Fuente: Diagrama de Operaciones del Proceso.

d) Recursos

d.1) Recursos Humanos

Cinco trabajadores en el área de aparado y siete en el área de armado (cada uno procesando una docena de pares de zapatos independientemente de los demás).

d.2) Recursos de Maquinaria y Mesas

El proceso utiliza las siguientes maquinaria y mesas:

d.2.1) Proceso de Aparado

- Desbastadora de Cuero (2)

- Máquina de Coser Zig-Zag (2)
- Picadora de Cuero (2)
- Maquina Aparadora (8)

d.2.2) Proceso de Armado

- Mesa de Trabajo (7)
- Recortadora de suela (1)
- Horno de Secado (1)
- Cerradora de Punta (1)
- Cerradora de Talón (1)
- Martilladora (1)
- Prensa de Suelas (1)
- Cocina Reactivadora (1)
- Clavadora de Tacos (1)

2. Recolección de Información y Determinación de los Tipos de Distribución

Los datos recolectados para introducir en el modelo de simulación correspondieron a los tiempos de las secuencias de operaciones de los procesos de aparado y armado mostrados en las tablas 41 y 42, dichos tiempos (en minutos/docena) se midieron considerando el tamaño de muestra calculado para este trabajo de investigación y que se estimó en 25 repeticiones. Los tiempos tomados se muestran en los Anexos 7 y 8. Luego a los tiempos de cada operación se le determinó el tipo de distribución estadística utilizando la herramienta Input Analyzer del Software Arena y cuyos resultados se muestran en los Anexos 9 y 10. El resumen del tipo de distribución de cada operación, así como sus parámetros estadísticos relevantes, se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 43. Tipo de Distribución y Parámetros Relevantes de las Operaciones del Proceso de Aparado

N	Proceso	Tipo de Distribución	Parámetros Estadísticos
1	Separar Piezas de Corte	Normal	$\bar{x} = 4.08$; $s = 0.252$
2	Dirigirse a Maquina Desbastadora + Demora por Máquina Ocupada	Uniforme	Mín. = 1.17 ; Máx. = 3
3	Operación de Desbastado	Normal	$\bar{x} = 48.1$; $s = 2.13$
4	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 69.8$; $s = 1.09$
5	Dirigirse a Maquina de Coser Zig-Zag + Demora por Máquina Ocupada	Uniforme	Mín. = 6.03 ; Máx. = 8.39
6	Operación en Maquina de Coser Zig-Zag	Normal	$\bar{x} = 50$; $s = 0.638$
7	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 2.83$; $s = 0.471$
8	Operación en Maquina de Coser Zig-Zag	Normal	$\bar{x} = 81.1$; $s = 2.34$
9	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 113$; $s = 3.19$
10	Dirigirse a Maquina Picadora + Demora por Máquina Ocupada	Uniforme	Mín. = 2 ; Máx. = 2.52
11	Operación en Maquina Picadora	Normal	$\bar{x} = 13.9$; $s = 0.815$
12	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 32.1$; $s = 2.56$
13	Dirigirse a Maquina Aparadora	Uniforme	Mín. = 0.04 ; Máx. = 0.13
14	Operación en Maquina Aparadora	Normal	$\bar{x} = 29.5$; $s = 1.21$
15	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 27$; $s = 0.186$
16	Operación en Maquina Aparadora	Normal	$\bar{x} = 4.87$; $s = 0.222$
17	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 6.93$; $s = 0.893$
18	Operación en Maquina Aparadora	Normal	$\bar{x} = 13.9$; $s = 0.69$
19	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 14.9$; $s = 0.583$
20	Operación en Maquina Aparadora	Normal	$\bar{x} = 101$; $s = 1.86$
21	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 14.2$; $s = 2.02$

Nota: \bar{x} y s son los parámetros de una distribución normal correspondientes al promedio y desviación estándar y Mín., Máx. los de una distribución uniforme correspondientes al valor Mínimo y Máximo del conjunto de datos. Unidades en minutos/docena. Datos obtenidos en la herramienta Input Analyzer, (Ver Anexo 9). Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 44. Tipo de Distribución y Parámetros Relevantes de las Operaciones del Proceso de Armado.

N	Proceso	Tipo de Distribución	Parámetros Estadísticos
1	Busqueda de Hormas	Normal	$\bar{x} = 3.02$; $s = 0.0676$
2	Dirigirse a Mesa de Trabajo	Uniforme	Mín. = 0.03 ; Máx. = 0.18
3	Ordenar Hormas	Normal	$\bar{x} = 3.16$; $s = 0.0923$
4	Dirigirse a Recortadora de Falsas	Uniforme	Mín. = 0.04 ; Máx. = 0.15
5	Operación de Cortado	Normal	$\bar{x} = 7.93$; $s = 0.234$
6	Regresa a Mesa de Trabajo	Uniforme	Mín. = 0.05 ; Máx. = 0.17
7	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 98.4$; $s = 2.05$
8	Dirigirse al Horno de Secado	Uniforme	Mín. = 0.03 ; Máx. = 0.19
9	Operación de Secado	Normal	$\bar{x} = 2.06$; $s = 0.521$
10	Regresa a Mesa de Trabajo	Uniforme	Mín. = 0.03 ; Máx. = 0.19
11	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 35.3$; $s = 3.25$
12	Dirigirse al Horno de Secado	Uniforme	Mín. = 0.04 ; Máx. = 0.19
13	Demora por máquina ocupada	Uniforme	Mín. = 0.55 ; Máx. = 0.99
14	Operación de Secado	Normal	$\bar{x} = 2.02$; $s = 0.575$
15	Regresa a Mesa de Trabajo	Uniforme	Mín. = 0.04 ; Máx. = 0.16
16	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 7.87$; $s = 3.39$
17	Dirigirse a la Cerradora de Punta / Talón	Uniforme	Mín. = 0.07 ; Máx. = 0.22
18	Demora por máquina ocupada	Uniforme	Mín. = 1 ; Máx. = 6
19	Operación de Armado	Normal	$\bar{x} = 178$; $s = 2.66$
20	Regresa a Mesa de Trabajo	Uniforme	Mín. = 0.11 ; Máx. = 0.3
21	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 19.5$; $s = 2.04$
22	Dirigirse al Horno de Secado	Uniforme	Mín. = 0.03 ; Máx. = 0.19
23	Demora por máquina ocupada	Uniforme	Mín. = 0.08 ; Máx. = 0.51
24	Operación de Secado	Normal	$\bar{x} = 1.99$; $s = 0.539$
25	Regresa a Mesa de Trabajo	Uniforme	Mín. = 0.03 ; Máx. = 0.19
26	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 28$; $s = 0.509$
27	Dirigirse a la Prensa de Suelas	Uniforme	Mín. = 0.06 ; Máx. = 0.26
28	Demora por máquina ocupada	Uniforme	Mín. = 1.13 ; Máx. = 2.54
29	Operación de Pegado a Presión	Normal	$\bar{x} = 8.07$; $s = 0.736$
30	Regresa a Mesa de Trabajo	Uniforme	Mín. = 0.12 ; Máx. = 0.28
31	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 69.7$; $s = 2.34$
32	Dirigirse a Cocina Reactivadora	Uniforme	Mín. = 0.04 ; Máx. = 0.19
33	Demora por máquina ocupada	Uniforme	Mín. = 1 ; Máx. = 2.52
34	Operación de Reactivado	Normal	$\bar{x} = 6.81$; $s = 1.1$
35	Regresa a Mesa de Trabajo	Uniforme	Mín. = 0.11 ; Máx. = 0.3
36	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 18.3$; $s = 1.79$
37	Dirigirse a Clavadora de Tacos	Uniforme	Mín. = 0.03 ; Máx. = 0.19
38	Demora por máquina ocupada	Uniforme	Mín. = 0.38 ; Máx. = 2
39	Operación de Clavado	Normal	$\bar{x} = 12.3$; $s = 0.613$
40	Regresa a Mesa de Trabajo	Uniforme	Mín. = 0.1 ; Máx. = 0.3
41	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 119$; $s = 4.15$

Nota: \bar{x} y s son los parámetros de una distribución normal correspondientes al promedio y desviación estándar y Mín., Máx. los de una distribución uniforme correspondientes al valor Mínimo y Máximo del conjunto de datos. Unidades en minutos/docena. Datos obtenidos en la herramienta Input Analyzer, (Ver Anexo 10). Fuente: Elaboración Propia.

3. Diagrama de Simulación e Introducción de datos en el Software Arena

Luego de haber definido al sistema y tener los datos necesarios, se elaboraron los modelos de simulación en el Software Arena, que se presentan en las siguientes dos figuras:

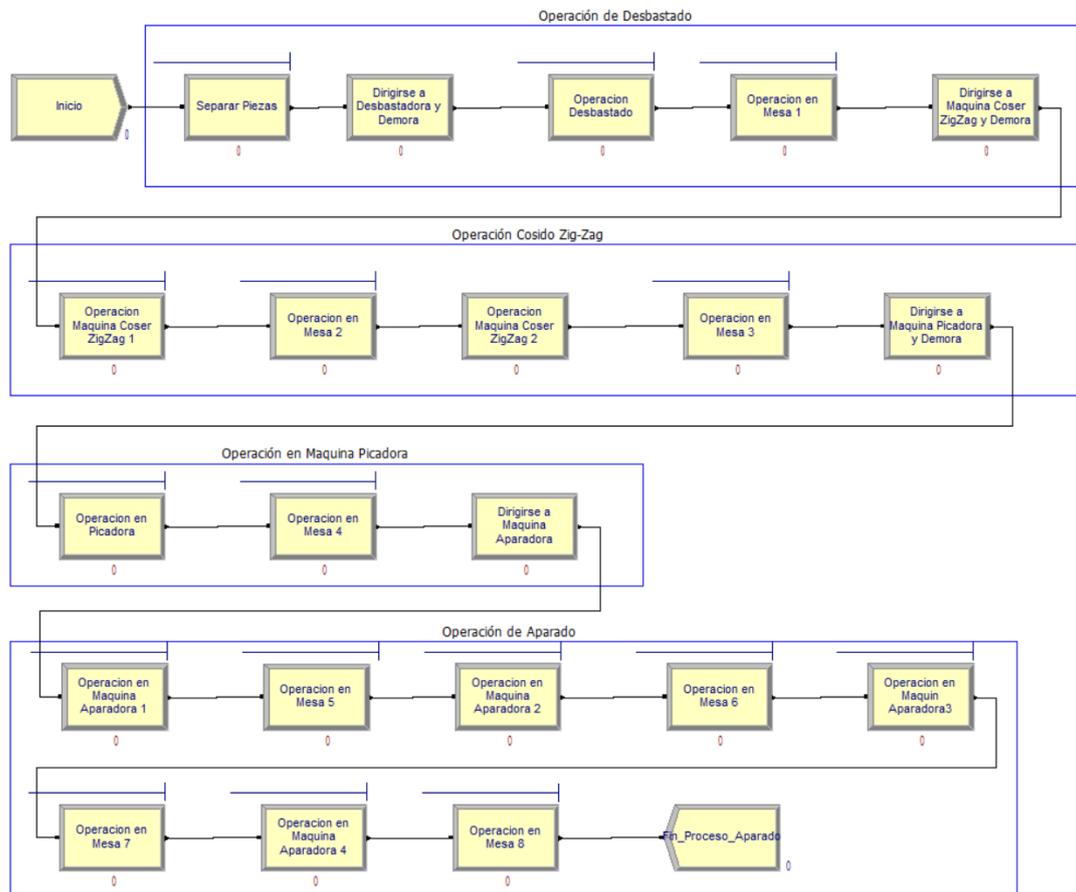


Figura 35. Modelo de Simulación del Proceso de Aparado. Fuente: Elaboración Propia.

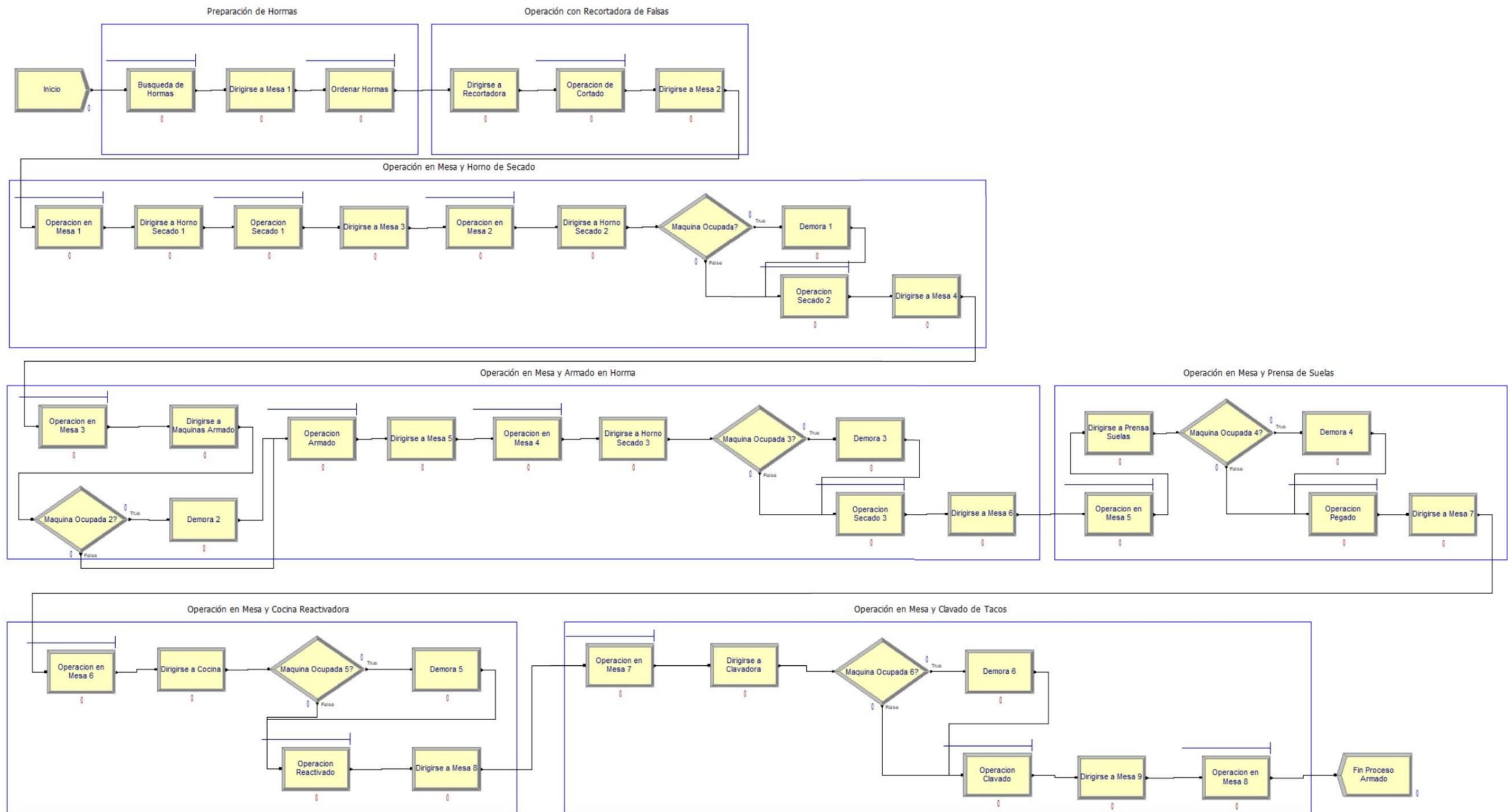


Figura 36. Modelo de Simulación del Proceso de Armado. Fuente: Elaboración Propia

4. Validación del modelo de simulación

Con el fin de poder realizar la validación del modelo se compararon los tiempos totales simulados de cada proceso con los datos reales. El modelo de simulación se corrió considerando un total de 50 repeticiones obteniendo para el proceso de armado un tiempo promedio de 10.62 horas/docena y cuyo valor oscila entre 10.43 – 10.89 horas/docena, tal como se observa en la siguiente figura:

Docena Pares Zapatos				
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
VA Time	10.6185	(Insufficient)	10.4294	10.8978
Total Time	10.6185	(Insufficient)	10.4294	10.8978
Wait Time	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Transfer Time	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
NVA Time	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Figura 37. Tiempo Simulado Total del Proceso de Armado para la Validación del Modelo. Fuente: Elaboración Propia en el Software Arena.

Para el proceso de armado se obtuvo un tiempo promedio de 10.77 horas/docena y cuyo valor oscila entre 10.38 – 11.07 horas/docena, tal como se observa en la siguiente figura:

Docena Pares Zapatos				
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
VA Time	10.7717	(Insufficient)	10.3839	11.0776
Total Time	10.7717	(Insufficient)	10.3839	11.0776
Wait Time	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Transfer Time	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
NVA Time	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Figura 38. Tiempo Simulado Total del Proceso de Armado para la Validación del Modelo. Fuente: Elaboración Propia en el Software Arena.

Luego al comparar los valores promedio de tiempo de los modelos de simulación con los valores reales obtenemos una diferencia porcentual de 1.58% para el proceso de armado y de 1.28% para el de armado y debido a que los tiempos reales se encuentran dentro del

intervalo de los tiempos simulados se considera que los modelos de simulación están validados y son representativos de los procesos reales, esto se resume en la siguiente tabla:

Tabla 45. Comparación de los Tiempos Reales de los Procesos de Aparado y Armado vs los Tiempos Simulados

Proceso	Valores Reales	Resultados de la Simulación		
		Valores Promedio	Intervalo	Diferencia % Con el Valor Real
Aparado	10.79 h	10.62 h	10.43 – 10.89 h	1.58%
Armado	10.91 h	10.77 h	10.38 – 11.08 h	1.28%

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

5. Descripción de los cambios realizados en el modelo de simulación

En este apartado se procedió a realizar los cambios necesarios en el modelo para la simulación de la propuesta, para esto se consideraron los siguientes puntos:

- a) **Transformación de las áreas de aparato y armado en líneas de ensamble:** La manovía será instalada en el área de armado que es el cuello de botella del proceso de producción, y dicha instalación transformará esta área en una línea de ensamble. Este cambio también requerirá que el área de aparato trabaje de la misma forma para así poder cumplir con los requerimientos de producción del área de armado.

- b) **Cambio en la forma de trabajo:** Los trabajadores en estas áreas ya no procesarán de manera independiente cada uno una docena de pares de zapatos, sino que se dividirán por operaciones, en las cuales se utilizarán maestros trabajadores para operaciones especializadas y ayudantes para operaciones simples, la división del trabajo se presenta en las siguientes tablas:

Tabla 46. Asignación de Trabajadores a las Operaciones en el Proceso de Aparado

N	Proceso	Trabajador Asignado
1	Separar Piezas de Corte	Ayudante 1
2	Dirigirse a Maquina Desbastadora	-
3	Operación de Desbastado	Maestro Trabajador 1

4	Operación en Mesa (Ordenar Piezas y Pasar Pegamento)	Ayudante 1
5	Dirigirse a Máquina de Coser Zig-Zag	-
6	Operación en Máquina de Coser Zig-Zag	Maestro Trabajador 1
7	Operación en Mesa (Cortado sobrante y Marcado)	Ayudante 1
8	Operación en Máquina de Coser Zig-Zag	Maestro Trabajador 1
9	Operación en Mesa (Cortar Sobrantes, Pasar jebe, Doblar piezas, pegado de lona)	Ayudante 1
10	Dirigirse a Maquina Picadora	-
11	Operación en Maquina Picadora	Maestro Trabajador 2
12	Operación en Mesa (Pasar pegamento y golpear con esponja)	Ayudante 2
13	Dirigirse a Maquina Aparadora	-
14	Operación en Maquina Aparadora	Maestro Trabajador 2
15	Operación en Mesa (Cortar sobrantes, hacer agujeros, pasa jebe)	Ayudante 2
16	Operación en Maquina Aparadora	Maestro Trabajador 3
17	Operación en Mesa (Cortar sobrantes, pasar pegamento)	Ayudante 2
18	Operación en Maquina Aparadora	Maestro Trabajador 3
19	Operación en Mesa (Cortar forro, marcado con molde)	Ayudante 2
20	Operación en Maquina Aparadora	Maestro Trabajador 3
21	Operación en Mesa (Pegado interno del forro)	Maestro Trabajador 3

Nota: Asignación realizada en función al diagrama de operaciones (Ver Anexo 3), las operaciones simples como pasado de pegamento, marcado, cortar sobrantes son asignados a los ayudantes mientras que las operaciones especializadas a los maestros trabajadores. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 47. Asignación de Trabajadores a las Operaciones en el Proceso de Armado

N	Proceso	Trabajador Asignado
1	Búsqueda de Hormas	Ayudante 1
2	Dirigirse a Mesa	-
3	Ordenar Hormas	Ayudante 1
4	Dirigirse a Recortadora de Falsas	-
5	Operación de Cortado	Ayudante 1
6	Dirigirse a Manovía	-
7	Operación en Manovía (Pegar falsa y retacón, enfalsar en la horma)	Maestro Trabajador 1

8	Dirigirse al Horno de Secado	-
9	Operación de Secado	Maestro Trabajador 1
10	Dirigirse a Manovía	-
11	Operación en Manovía (Pegado de piezas, pasar terolán)	Ayudante 2
12	Dirigirse al Horno de Secado	-
13	Operación de Secado	Ayudante 2
14	Dirigirse a Manovía	-
15	Operación en Manovía (Pasar pegamento)	Ayudante 2
16	Dirigirse a la Cerradora de Punta / Talón	-
17	Operación de Armado (Colocar Piezas en horma)	Maestro Trabajador 2
18	Dirigirse a Manovía	-
19	Operación en Manovía (Desbaste Manual, Lijado)	Maestro Trabajador 2
20	Dirigirse al Horno de Secado	-
21	Demora por máquina ocupada	-
22	Operación de Secado	Ayudante 3
23	Dirigirse a Manovía	-
24	Operación en Manovía (Pasar pegamento)	Ayudante 3
25	Dirigirse a la Prensa de Suelas	-
26	Operación de Pegado a Presión	Ayudante 3
27	Dirigirse a Manovía	-
28	Operación en Manovía (Forrar taco, pasar cemento en zona del taco)	Ayudante 4
29	Dirigirse a Cocina Reactivadora	-
30	Operación de Reactivado	Ayudante 4
31	Dirigirse a Manovía	-
32	Operación en Manovía (Quitar calzado de horma)	Ayudante 4
33	Dirigirse a Clavadora de Tacos	-
34	Operación de Clavado	Maestro Trabajador 3
35	Dirigirse a Manovía	-
36	Operación en Manovía (Rematar y pintar filo de suela)	Maestro Trabajador 3

Nota: Asignación realizada en función al diagrama de operaciones (Ver Anexo 3), las operaciones simples como pasado de pegamento, marcado, cortar sobrantes son asignados a los ayudantes mientras que las operaciones especializadas a los maestros trabajadores. Fuente: Elaboración Propia.

En base a esta asignación el requerimiento de mano de obra es el siguiente:

Tabla 48. Cuadro Resumen de la Mano de Obra Necesaria para los Procesos de Aparado y Armado

Proceso	Trabajadores Requeridos
Aparado	3 maestros trabajadores 2 ayudantes
Armado	3 maestros trabajadores 4 ayudantes

Nota: Datos obtenidos de las Tablas 46 y 47. Fuente: Elaboración Propia.

- c) **Cambio de los tiempos de las operaciones:** Puesto que la simulación ahora requiere que los tiempos de las operaciones sean por par se dividieron los parámetros de las distribuciones estadísticas de las Tablas 43 y 44 tomadas en minutos/docena entre 12 para obtener los parámetros en minutos/par, a excepción de traslados, tiempos de secado en horno y reactivado de pegamento en cocina.

Otros cambios y adiciones en tiempos fueron las siguientes:

- **Tiempos de Traslado Manovía-Máquinas:** La separación entre la manovía y cada máquina en el área de armado según la distribución hecha (Ver Figura 31) es de 1.20 m y el tiempo de traslado desde / hacia se estima entre 0.5 – 1 segundo.

- **Tiempos de Traslado de las Bandejas de la Manovía:** La velocidad de una manovía es ajustable entre 1 – 4 m/min. por lo que su velocidad será variable y estará determinada por el ritmo de trabajo en las distintas operaciones del área de armado.

- **Tiempos de demora por Maquina Ocupada:** Los tiempos por máquina ocupada en ambas áreas se eliminan menos las que utilizan el horno de secado (en el área de armado) puesto que solo se dispone de una sola máquina actualmente.

De acuerdo a los cambios descritos en este apartado los parámetros de los tipos de distribución de las operaciones de aparado y armado son los siguientes:

Tabla 49. Cambios en los Parámetros Estadísticos de las Operaciones del Proceso de Aparado

N	Proceso	Tipo de Distribución	Parámetros Estadísticos
1	Separar Piezas de Corte	Normal	$\bar{x} = 0.34$; $s = 0.021$
2	Dirigirse a Maquina Desbastadora	Uniforme	Mín. = 0.04 ; Máx. = 0.130
3	Operación de Desbastado	Normal	$\bar{x} = 4.01$; $s = 0.178$
4	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 5.82$; $s = 0.091$
5	Dirigirse a Maquina de Coser Zig-Zag	Uniforme	Mín. = 0.05 ; Máx. = 0.130
6	Operación en Maquina de Coser Zig-Zag	Normal	$\bar{x} = 4.17$; $s = 0.053$
7	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 0.24$; $s = 0.039$
8	Operación en Maquina de Coser Zig-Zag	Normal	$\bar{x} = 6.76$; $s = 0.195$
9	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 9.42$; $s = 0.266$
10	Dirigirse a Maquina Picadora	Uniforme	Mín. = 0.04 ; Máx. = 0.130
11	Operación en Maquina Picadora	Normal	$\bar{x} = 1.16$; $s = 0.068$
12	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 2.68$; $s = 0.213$
13	Dirigirse a Maquina Aparadora	Uniforme	Mín. = 0.04 ; Máx. = 0.130
14	Operación en Maquina Aparadora	Normal	$\bar{x} = 2.46$; $s = 0.101$
15	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 2.25$; $s = 0.016$
16	Operación en Maquina Aparadora	Normal	$\bar{x} = 0.41$; $s = 0.019$
17	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 0.58$; $s = 0.074$
18	Operación en Maquina Aparadora	Normal	$\bar{x} = 1.16$; $s = 0.058$
19	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 1.24$; $s = 0.049$
20	Operación en Maquina Aparadora	Normal	$\bar{x} = 8.42$; $s = 0.155$
21	Operación en Mesa	Normal	$\bar{x} = 1.18$; $s = 0.168$

Nota: \bar{x} y s son los parámetros de una distribución normal correspondientes al promedio y desviación estándar y Mín., Máx. los de una distribución uniforme correspondientes al valor Mínimo y Máximo del conjunto de datos. Unidades en minutos/par. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 50. Cambios en los Parámetros Estadísticos de las Operaciones del Proceso de Armado

N	Proceso	Tipo de Distribución	Parámetros Estadísticos	N	Proceso	Tipo de Distribución	Parámetros Estadísticos
1	Busqueda de Hormas	Normal	$\bar{x} = 3.02$; $s = 0.0676$	19	Operación en Manovía	Normal	$\bar{x} = 1.625$; $s = 0.170$
2	Dirigirse a Mesa	Uniforme	Mín. = 0.008 ; Máx. = 0.083	20	Dirigirse al Horno de Secado	Uniforme	Mín. = 0.008 ; Máx. = 0.083
3	Ordenar Hormas	Normal	$\bar{x} = 3.16$; $s = 0.0923$	21	Demora por máquina ocupada	Uniforme	Mín. = 0.08 ; Máx. = 0.51
4	Dirigirse a Recortadora de Falsas	Uniforme	Mín. = 0.008 ; Máx. = 0.083	22	Operación de Secado	Normal	$\bar{x} = 1.99$; $s = 0.539$
5	Operación de Cortado	Normal	$\bar{x} = 0.661$; $s = 0.020$	23	Dirigirse a Manovía	Uniforme	Mín. = 0.008 ; Máx. = 0.083
6	Dirigirse a Manovía	Uniforme	Mín. = 0.008 ; Máx. = 0.083	24	Operación en Manovía	Normal	$\bar{x} = 2.333$; $s = 0.042$
7	Operación en Manovía	Normal	$\bar{x} = 8.200$; $s = 0.171$	25	Dirigirse a la Prensa de Suelas	Uniforme	Mín. = 0.008 ; Máx. = 0.083
8	Dirigirse al Horno de Secado	Uniforme	Mín. = 0.008 ; Máx. = 0.083	26	Operación de Pegado a Presión	Normal	$\bar{x} = 0.673$; $s = 0.061$
9	Operación de Secado	Normal	$\bar{x} = 2.06$; $s = 0.521$	27	Dirigirse a Manovía	Uniforme	Mín. = 0.008 ; Máx. = 0.083
10	Dirigirse a Manovía	Uniforme	Mín. = 0.008 ; Máx. = 0.083	28	Operación en Manovía	Normal	$\bar{x} = 5.808$; $s = 0.195$
11	Operación en Manovía	Normal	$\bar{x} = 2.942$; $s = 0.271$	29	Dirigirse a Cocina Reactivadora	Uniforme	Mín. = 0.008 ; Máx. = 0.083
12	Dirigirse al Horno de Secado	Uniforme	Mín. = 0.008 ; Máx. = 0.083	30	Operación de Reactivado	Normal	$\bar{x} = 6.81$; $s = 1.1$
13	Operación de Secado	Normal	$\bar{x} = 2.02$; $s = 0.575$	31	Dirigirse a Manovía	Uniforme	Mín. = 0.008 ; Máx. = 0.083
14	Dirigirse a Manovía	Uniforme	Mín. = 0.008 ; Máx. = 0.083	32	Operación en Manovía	Normal	$\bar{x} = 1.525$; $s = 0.149$
15	Operación en Manovía	Normal	$\bar{x} = 0.656$; $s = 0.283$	33	Dirigirse a Clavadora de Tacos	Uniforme	Mín. = 0.008 ; Máx. = 0.083
16	Dirigirse a la Cerradora de Punta / Talón	Uniforme	Mín. = 0.008 ; Máx. = 0.083	34	Operación de Clavado	Normal	$\bar{x} = 1.025$; $s = 0.051$
17	Operación de Armado	Normal	$\bar{x} = 14.833$; $s = 0.222$	35	Dirigirse a Manovía	Uniforme	Mín. = 0.008 ; Máx. = 0.083
18	Dirigirse a Manovía	Uniforme	Mín. = 0.008 ; Máx. = 0.083	36	Operación en Manovía	Normal	$\bar{x} = 9.917$; $s = 0.346$

Nota: \bar{x} y s son los parámetros de una distribución normal correspondientes al promedio y desviación estándar y Mín., Máx. los de una distribución uniforme correspondientes al valor Mínimo y Máximo del conjunto de datos. Unidades en minutos/par. Fuente: Elaboración Propia.

Se debe destacar que, si bien ahora los tiempos introducidos en el modelo de simulación se contabilizaron en minutos/par, los resultados finales de la simulación se contabilizaron en horas/docena con el fin de poder establecer una comparación con el método actual.

- d) Tiempo de Simulación:** El tiempo de simulación se mantiene en 50 repeticiones del proceso de aparado y armado.

6. Interpretación de los Resultados de Simulación

Realizados los cambios en los modelos de simulación se obtuvo para el proceso de aparado un tiempo promedio de 8.87 horas/docena y cuyo valor oscila entre 7.03 – 9.57 horas/docena, tal como se observa en la siguiente figura:

Docena Pares Zapatos				
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Total Time	8.8742	0.051799831	7.0346	9.5661
Wait Time	7.9344	0.051734677	6.1085	8.6204
VA Time	0.9399	0.000742620	0.9066	0.9741
Transfer Time	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Other Time	0.00	0.000000000	0.00	0.00
NVA Time	0.00	0.000000000	0.00	0.00

Figura 39. Tiempo Simulado Total del Proceso de Aparado para la Propuesta de Instalación de la Manovía. Fuente: Elaboración Propia en el Software Arena.

Para el proceso de armado se obtuvo un tiempo promedio de 7.52 horas/docena y cuyo valor oscila entre 6.87 – 9.5 horas/docena, tal como se observa en la siguiente figura:

Docena Pares Zapatos				
Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Total Time	7.5162	0.149492586	6.8654	9.5099
Wait Time	6.3377	0.148933897	2.6757	8.3041
VA Time	1.1785	0.002044553	1.0821	1.2572
Transfer Time	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Other Time	0.00	0.000000000	0.00	0.00
NVA Time	0.00	0.000000000	0.00	0.00

Figura 40 Tiempo Simulado Total del Proceso de Armado para la Propuesta de Instalación de la Manovía. Fuente: Elaboración Propia en el Software Arena.

En resumen, para este objetivo se elaboró el modelo de simulación de los procesos de aparado y armado y se introdujeron los tiempos actuales de los procesos correspondientes a cada uno para validar dicho modelo, luego se realizaron los cambios necesarios para la simular la propuesta de instalación de la manovía, obteniendo mediante este unos tiempos totales de 8.87 horas/docena para el proceso de aparado y 7.52 horas/docena para el proceso de armado.

Resultado del Objetivo Específico N° 5: “Analizar y comparar los tiempos y costos asociados”

Para el cumplimiento de este objetivo se compararon los tiempos simulados de los procesos de armado y armado con los tiempos actuales, así como también el nivel de producción y la variación en el costo de mano de obra que conlleva dicho cambio en estos procesos.

a) Comparación de los Tiempos de los Procesos

Se compararon los tiempos actuales de los procesos de armado y armado con los simulados obteniendo una reducción del 17.8 % en el tiempo del proceso de armado y un 31% en el de armado, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 51. Comparación de los Tiempos Actuales con los Simulados en los Procesos de Armado y Armado

Proceso	Valores Reales (Horas/Docena)	Valores Simulados (Horas/Docena)	Reducción Porcentual
Aparado	10.79	8.87	17.8 %
Armado	10.91	7.52	31.0 %

Nota: Los valores simulados corresponden a los valores promedio resultado de la simulación. Fuente: Elaboración Propia.

b) Comparación de la Capacidad de Producción Mensual

Se compararon las capacidades de producción con los tiempos actuales de los procesos y los nuevos tiempos de los procesos de armado y armado obtenidos mediante la simulación, para esto se elaboró un pequeño modelo en el software Arena que se muestra en la siguiente figura:

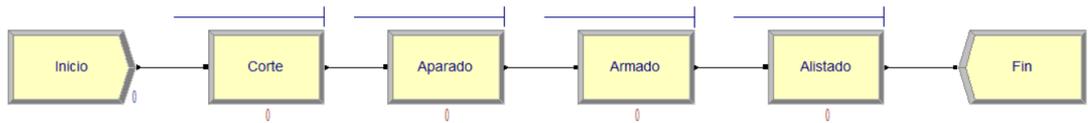


Figura 41. Diagrama de Simulación para el Cálculo de la Capacidad de Producción Mensual. Fuente: Elaboración Propia en el Software Arena.

En este modelo introdujimos los tiempos de los procesos actuales y los nuevos, que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 52. Tiempos Actuales y Simulados de los Procesos de Producción

Proceso	Valores Reales (Horas/Docena)	Valores Simulados (Horas/Docena)
Corte	2.52	2.52
Aparado	10.79	8.87
Armado	10.91	7.52
Alistado	3.55	3.55

Nota: Los procesos de corte y alistado permanecen sin cambios. Fuente: Elaboración Propia

Luego se realizó la simulación para calcular la capacidad de producción mensual (contando 23 días laborables al mes y 8 horas de trabajo por día) obteniendo que la capacidad actual corresponde a 75 docenas/mes mientras que con la propuesta de instalación de la manovía se incrementan hasta 92 docenas/mes, tales resultados de la simulación se muestran en las siguientes figuras:



Figura 42. Capacidad de Producción Mensual con los Tiempos Actuales de los Procesos obtenidos en el Software Arena. Fuente: Elaboración Propia en el Software Arena.

Key Performance Indicators

System
Number Out

Average
92

Figura 43. Capacidad de Producción Mensual con los Tiempos de la Propuesta de Instalación de la Manovía obtenidos en el Software Arena. Fuente: Elaboración Propia en el Software Arena.

Con la propuesta de instalación de la manovía se estima un incremento del 22% en la capacidad de producción mensual.

c) Cálculo del costo de la Manovía

De acuerdo con los resultados del objetivo específico N° 3, se estima que la manovía debe tener 10 m de largo para cumplir con los requisitos de espacio y organización de la maquinaria (Ver Figura 31). Su costo oscila entre \$1000 - 1500 /metro (Ver Tabla 9), por lo tanto, el costo de la manovía aproximado esta entre S/. 33,430 y S/. 50,144.

d) Comparación del Costo de Mano de Obra de las Áreas de Aparado y Armado

d.1) Cálculo del Costo de Mano de Obra Actual

Actualmente en el área de aparado se encuentran 5 maestros trabajadores quienes perciben un sueldo a destajo de S/ 55 por docena y en el área de armado, 7 maestros trabajadores que perciben S/ 90 por docena, luego considerando el nivel promedio de demanda del modelo de calzado T-25 (Ver Anexo 2), el costo por mano de obra en el área de aparado se estima en S/ 15,950 al mes, mientras que en el área de armado se estima en S/ 36,540, esto se resume en la siguiente tabla:

Tabla 53. Cálculo del Costo de Mano de Obra Actual de las Áreas de Aparado y Armado

Proceso	Numero Trabajadores	Salario	Demanda Promedio	Costo MO
Aparado	5 maestros trabajadores	S/ 55 / docena	58 docenas/mes	S/ 15,950
Armado	7 maestros trabajadores	S/ 90 / docena		S/ 36,540
Costo Total				S/ 52,490

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

d.2) Cálculo del Costo de Mano de Obra de la Propuesta

De acuerdo con el estudio de simulación del resultado del objetivo específico N° 4, la propuesta de instalación de la manovía permite la introducción de ayudantes en los procesos de aparado y armado para la realización de operaciones simples (no especializadas), dicho cálculo de mano de obra se presentó en la Tabla 48. El salario que un ayudante puede percibir es un salario mínimo de S/ 930 al mes (Ver Anexo 11), de esta forma el costo por mano de obra en el área de aparado se estima en S/ 11,430 al mes cuando para la demanda promedio y en S/ 19,380, esto se resume en la siguiente tabla:

Tabla 54. Cálculo del Costo de Mano de Obra de la Propuesta

Proceso	Numero Trabajadores	Salario	Demanda Promedio	Costo MO
Aparado	3 maestros trabajadores	S/ 55 / docena	58 docenas/mes	S/ 9,570
	2 ayudantes	S/ 930		S/ 1,860
Costo Total MO Aparado				S/ 11,430
Armado	3 maestros trabajadores	S/ 90 / docena	58 docenas/mes	S/ 15,660
	4 ayudantes	S/ 930		S/ 3,720
Costo Total MO Armado				S/ 19,380
Costo Total				S/ 30,810

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Luego comparando los costos de mano de obra actuales con las de la propuesta de la manovía obtenemos que estos disminuyen un 28% en el área de aparado y 47% en el de armado, esto se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 55. Comparación de los Costos de Mano de Obra Actual con el de la Propuesta

Proceso	Demanda	Costo MO	Reducción Porcentual
Aparado	Actual	S/ 15,950	28%
	Propuesta	S/ 11,430	
Armado	Actual	S/ 36,540	47%
	Propuesta	S/ 19,380	

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

En resumen, con la propuesta de instalación de la manovía se transformó el proceso de armado y aparado en una línea de ensamblaje, cambiando así el requerimiento de mano

de obra de 5 maestros trabajadores a 3 maestros y 2 ayudantes en el área de aparado y de 7 maestros a 3 maestros y 4 ayudantes en el área de armado, estos cambios se traducen en una reducción del 17.8% para el tiempo del proceso de aparado y del 31% en el de armado que incrementan la capacidad de producción de 75 docenas/mes a 92 docenas/mes. Por otra parte, se reducen también los costos de mano de obra en un 28% en el área de aparado y 47% en el de armado.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. En relación al primer objetivo específico: “Analizar la distribución actual en función a los tiempos del proceso productivo”

En función a los resultados obtenidos para este objetivo específico, se evidencia que la distribución de las áreas principales de producción no son las más adecuadas pues en el recorrido total de los trabajadores para el proceso productivo de calzado se generan 8 puntos de tráfico cruzado entre áreas y una distancia total recorrida de 264.17 m, en adición a esto, a nivel interno, en las áreas de aparado y armado cuyos tiempos del proceso corresponden a 10.68 y 10.91 horas/docena respectivamente también se identifican también puntos de tráfico cruzado, continuos retrocesos, demoras por traslados y máquinas ocupadas y espacios reducidos variables entre máquinas que dificultan el recorrido y ponen en riesgo la seguridad de los trabajadores.

Al igual que Jijón Klever (2013), en su tesis “*Estudio de tiempos y movimientos para mejoramiento de los procesos de producción de la empresa calzado Gabriel*” se utilizaron diagramas de operaciones del proceso y cálculo de distancias recorridas de los operadores entre áreas para analizar la situación actual de la planta.

2. En relación al segundo objetivo específico: “Elegir el equipo de manejo de material usando el método AHP”

De acuerdo a los resultados obtenidos para este objetivo el método AHP permitió realizar una elección sin sesgos del equipo de manejo de materiales bajo los criterios de viabilidad de uso, facilidad de mantenimiento, seguridad, velocidad de operación y costo por metro en este proceso de toma de decisiones en las que se incluyen tanto factores cualitativos como cuantitativos llegando a través de la aplicación de este a que la manovía eléctrica es la alternativa que mejor se adecua a la situación problemática de los tiempos en las áreas de aparado y armado.

Del mismo modo que Henríquez D. y Linfa, R. (2014), en su tesis “*Diseño de mejoras para los procesos de producción y manejo de materiales en una fábrica de muebles para el hogar ubicada en el área metropolitana de Caracas*” se elaboró una lista de alternativas de propuestas de equipos de manejo de material para reducir los tiempos de fabricación y las limitaciones en el proceso productivo mediante la inclusión de estos en dicho proceso.

3. En relación al tercer objetivo específico: “Elaborar la propuesta de redistribución”

En base a los resultados obtenidos para este objetivo, mediante la aplicación de la metodología SLP, se obtuvo una distribución satisfactoria de acuerdo con las relaciones de cercanía entre áreas, espacio aproximado requerido y distancias recorridas totales de los operarios por cada docena de pares de zapatos producido, este último se estimó en 155.49 m recorridos con la propuesta de instalación de la manovía. A nivel de área, además se realizó una reorganización de sus elementos con el fin de obtener una trayectoria de recorrido lo más lineal posible y que esté de acuerdo a las normativas de seguridad, con esto se obtuvo la eliminación de los puntos de tráfico tanto en el área de aparado y armado, además de la reducción de las distancias recorridas a 23.95 m y 38.17 m para el área de aparado y armado respectivamente.

Al igual que Díaz Jhonatan (2012), en su tesis *“Automatización del proceso de corte en una empresa de calzado”* se necesitó realizar una nueva distribución del espacio físico para la maquinaria (nueva y actual).

4. En relación al cuarto objetivo específico: “Simular el proceso con la alternativa seleccionada”

En función a los resultados obtenidos para este objetivo específico, haciendo uso de la simulación por software se permitió realizar un análisis de la propuesta de instalación de la manovía sin necesidad de incurrir en gastos anticipados para comprobar si se producen o no mejoras de acuerdo a cambios en el sistema de producción. Dicha simulación abarcó los procesos de aparado y armado y se obtuvo en sus resultados una reducción de los tiempos a 8.87 horas/docena para el proceso de aparado y 7.52 horas/docena para el de armado.

Del mismo modo que Solórzano, D. y Tasayco, G. (2013), en su tesis *“Automatización de la operación de acabado de cantos del proceso productivo de calzado para niños”*, se realizó una modificación en la forma de trabajo liberando recurso humano de tareas que no agregan valor para mejorar los tiempos de operación.

5. En relación al quinto objetivo específico: “Analizar y comparar tiempos y costos asociados”

De acuerdo a los resultados de este objetivo, se permitió conocer los cambios ocasionados por la instalación de la manovía y su disminución en los tiempos de los procesos de aparado y armado y esto se ve reflejado en el incremento del 22% en la capacidad de producción mensual y reducción del costo de mano de obra en un 28% en el área de aparado y 47% en el de armado.

Al igual que Espinoza, Gladys (2017), en su tesis “*Automatización del área de armado para incrementar la producción en la empresa calzados Mantaro Huancayo 2017*”, se compararon los tiempos y niveles de producción previos con los propuestos con la finalidad de obtener la diferencia porcentual en mejorías que conllevan dichos cambios.

CONCLUSIONES

- Se diagnosticó que en la distribución actual la distancia total recorrida por los trabajadores según la secuencia de producción es de 264.17 m, con 8 puntos de tráfico identificados en los traslados entre áreas y con una distribución de maquinaria cuya organización no era segura. Luego en el área de aparado se estimó el tiempo de producción en 10.79 horas/docena con una distancia recorrida de 27.48 m y con una demora total de 1.03 h debido a traslados y máquinas ocupadas, mientras que en el área de armado se estimó un tiempo de producción de 10.79 horas/docena con una distancia recorrida de 85.5 m y una demora total de 1.70 horas debido a traslados, máquinas ocupadas y continuos retrocesos.
- Mediante la aplicación del método AHP se obtuvieron los pesos de cada criterio de elección, siendo estos: 0.38 para la viabilidad de uso, 0.07 para facilidad de mantenimiento, 0.38 para seguridad, 0.07 para velocidad de operación y 0.16 para costo por metro y la calificación global para cada alternativa siendo la manovía eléctrica la que tiene la calificación global más alta (0.65) respecto a las demás alternativas y por lo tanto considerada como la mejor alternativa de equipo de manejo de materiales.
- Mediante la redistribución se disminuyó el recorrido total de los trabajadores de 264.17 m a 155.49 m y se redujeron los puntos de tráfico entre áreas de 8 a 4 asimismo la reorganización de la maquinaria permitió que las trayectorias de recorrido para los operadores y/o transporte de material sea segura y ordenada siguiendo una trayectoria lo más lineal posible de acuerdo a la secuencia de producción. En específico, en el área de aparado se obtuvo un requerimiento de espacio de 59.36 m² y cuya redistribución de maquinaria eliminó los puntos de tráfico y retrocesos y la distancia recorrida por los trabajadores en esta área disminuyó de 27.48 m a 23.95 m, mientras que en el área de armado donde se tomó en cuenta la manovía se calculó un requerimiento de espacio de 94.2 m² ahorrando un espacio de 38.1 m² a comparación de su superficie actual, logrando mediante este disminuir la distancia recorrida por cada docena producida de 85.50 m a 38.17 m y eliminando sus puntos de tráfico.

- Mediante la simulación de los procesos de aparado y armado con la propuesta de la manovía instalada se obtuvo un tiempo promedio de 8.87 horas/docena para el proceso de aparado y de 7.52 horas/docena para el de armado.
- Comparando la situación actual con la propuesta de instalación de la manovía se redujeron los tiempos de producción en el área de aparado en un 17.8% y en el de armado en un 31%, lo que conlleva a un incremento en la capacidad de producción de 75 docenas/mes a 92 docenas/mes representando esto un incremento del 22%. Por otra parte, el costo de mano de obra se reduce en un 28% en el área de aparado y 47% en el de armado.

RECOMENDACIONES

- Evaluar la necesidad de adquirir un horno de secado adicional en el proceso de armado.
- Implementar un sistema de gestión de seguridad para los trabajadores en la planta de producción, que incluya principalmente un mapa de riesgos, matriz IPER y lista de EPPs por procesos.

REFERENCIAS

LIBROS

Meyers, F. E. y Stephens, M, P. (2006). **Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales**. México. Pearson Educación S. A.

Chase R. y Jacobs R. (2009). **Administración de Operaciones – Producción y cadena de suministros**. México. McGraw-Hill.

Niebel B. y Freivalds A. (2009). **Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo**. México. McGraw-Hill.

Zandin K. (2005). **Manual del Ingeniero Industrial Tomo II**. México. McGraw-Hill.

Meyers F. (2000). **Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil**. México. Pearson Educación S. A.

García R. (1998). **Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo**. México. McGraw-Hill.

Muther R. (1970). **Distribución en planta**. New York. McGraw-Hill.

Mohammad R. y García E. (1996). **Simulación y análisis de Modelos estocásticos**. México. McGraw-Hill.

Kalpakjian S. (2008). **Manufactura, ingeniería y tecnología**. México. Pearson Educación S. A.

Groover M. (2007). **Fundamentos de manufactura moderna: Materiales, procesos y sistemas**. México. McGraw-Hill.

Beer F., Rusell E., DeWolf J., Mazurek D. (2009). **Mecánica de materiales**. México. McGraw-Hill.

LINKOGRAFÍA

Turmero I. (2004). **Determinación y Estandarización del Costo del Manejo y Acarreo de Material en la Gerencia Manejo de Materiales.** Recuperado de <https://www.monografias.com/trabajos88/determinacion-y-estandarizacion-del-costo-del-manejo-y-acarreo-material-gerencia-manejo-materiales-cvg-bauxilum/determinacion-y-estandarizacion-del-costo-del-manejo-y-acarreo-material-gerencia-manejo-materiales-cvg-bauxilum.shtml>

Castorena J. (2016). **La importancia del ingeniero industrial en un sistema de manejo de materiales.** Recuperado de <https://www.monografias.com/trabajos101/importancia-del-ingeniero-industrial-sistema-manejo-materiales/importancia-del-ingeniero-industrial-sistema-manejo-materiales3.shtml>

Steve J. (1 de febrero de 2018). **Objetivos del manejo de materiales.** Recuperado de <https://www.geniolandia.com/13144911/objetivos-del-manejo-de-materiales>

Salvador D. (16 de junio de 2004). **Manejo de materiales en la empresa.** Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/manejo-materiales-empresa/>

Ortiz A. (2018). **Selección de equipo para el manejo de materiales.** Recuperado de http://www.academia.edu/19073600/2_3_SELECCION_DE_EQUIPO_PARA_EL_MANEJO_DE_MATERIALES

Jijón K. (2013). **Estudio de tiempos y movimientos para mejoramiento de los procesos de producción de la empresa calzado Gabriel.** Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/4962/1/t807id.pdf>

Díaz Jhonatan (2012). **Automatización del proceso de corte en una empresa de calzado.** Recuperado de https://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/1388/1/Automatizaci%C3%B3n_Corte_Calzado_D%C3%ADaz_2012.pdf

Henríquez D. y Linfa, R. (2014). **Diseño de mejoras para los procesos de producción y manejo de materiales en una fábrica de muebles para el hogar ubicada en el área metropolitana de Caracas.** Recuperado de http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS8629_1.pdf

Solórzano, D. y Tasayco, G. (2013). **Automatización de la operación de acabado de cantos del proceso productivo de calzado para niños.** Recuperado de http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/1219/1/Solorzano_DA%2cTasayco_GB.pdf

Espinoza, Gladys (2017). **Automatización del área de armado para incrementar la producción en la empresa calzados Mantaro Huancayo 2017.** Recuperado de <http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/293/Gladys%20Estefani%20Espinoza%20Rojas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo 1

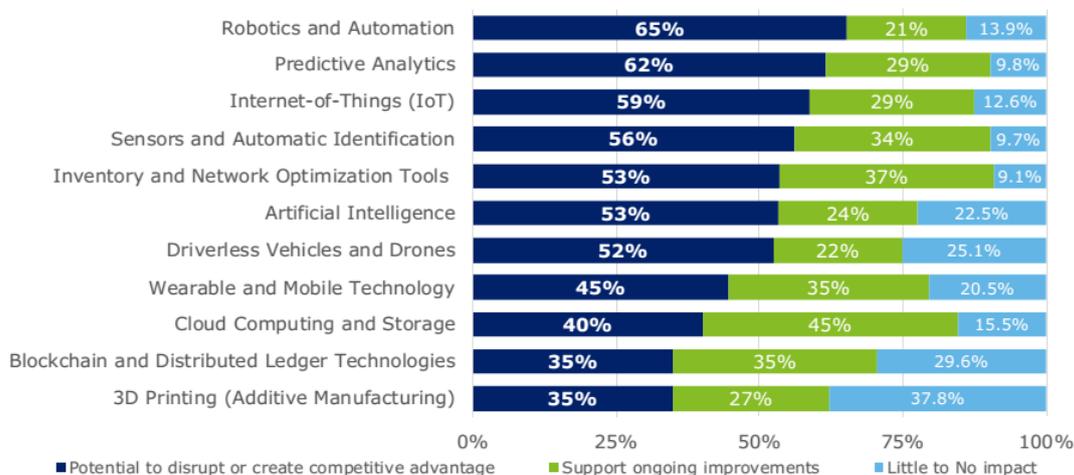


Figura 44. Resultados de encuesta 2018 – Tecnología con potencial para crear ventaja competitiva. Fuente: Instituto de Manejo de Materiales.

Anexo 2

Tabla 56. Demanda mensual del Modelo T-25 correspondiente a los años 2017 y 2018

Año	Demanda Mensual	Docenas	Año	Demanda Mensual	Docenas
2017	Enero	40	2018	Enero	30
	Febrero	48		Febrero	42
	Marzo	60		Marzo	55
	Abril	55		Abril	55
	Mayo	70		Mayo	63
	Junio	48		Junio	65
	Julio	70		Julio	55
	Agosto	77		Agosto	60
	Setiembre	72		Setiembre	75
	Octubre	55		Octubre	62
	Noviembre	65		Noviembre	66
	Diciembre	55		Diciembre	50

Nota: La demanda mensual oscila entre un mínimo de 30 docenas/mes hasta un máximo de 77 docenas/mes. Fuente: Calzature Atlántico S.A.C.

Anexo 3

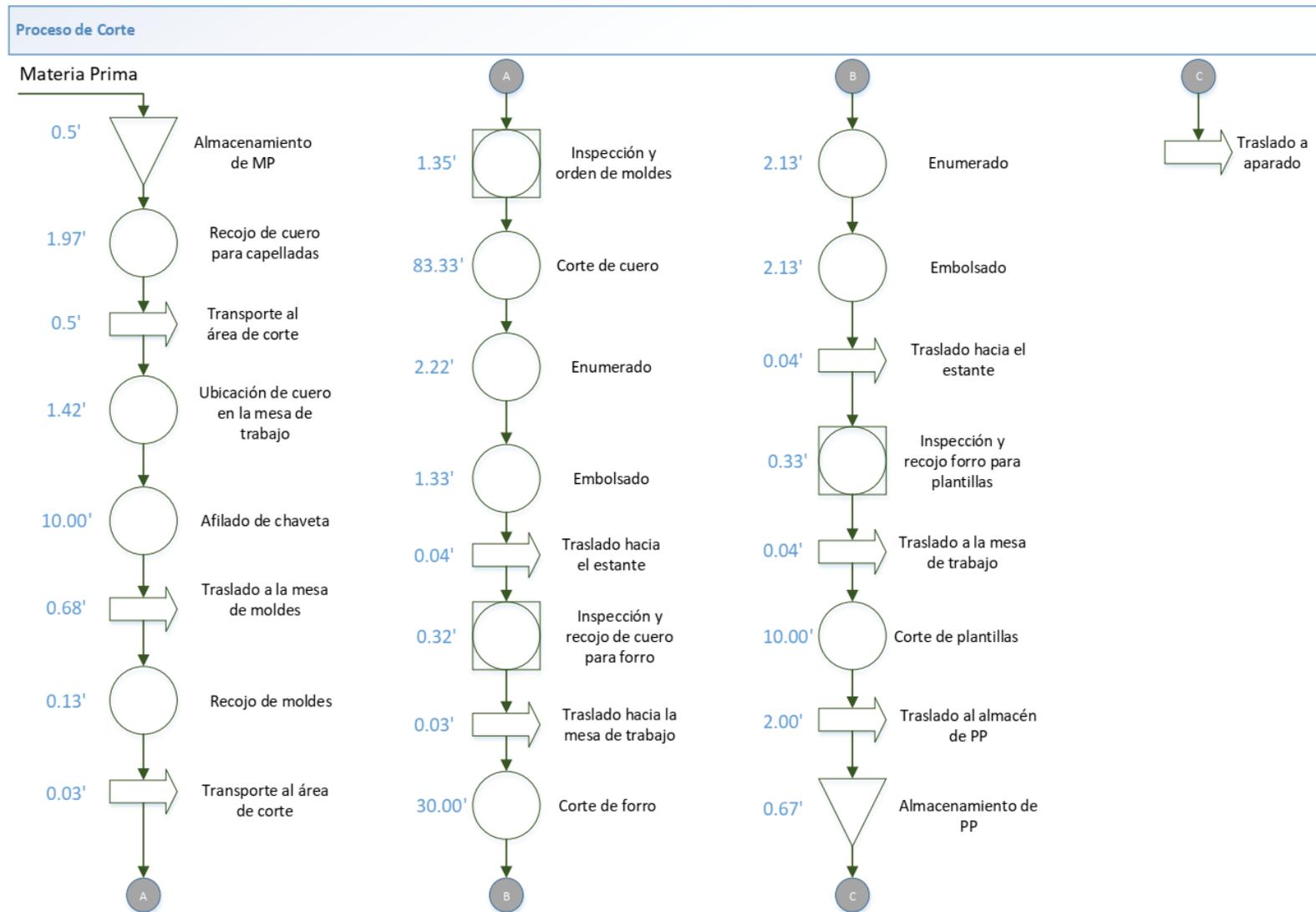


Figura 45. Diagrama de Operaciones del Proceso de Producción del Modelo de Calzado T-25. Fuente: Elaboración Propia.

Proceso de Aparado

Producto en Proceso

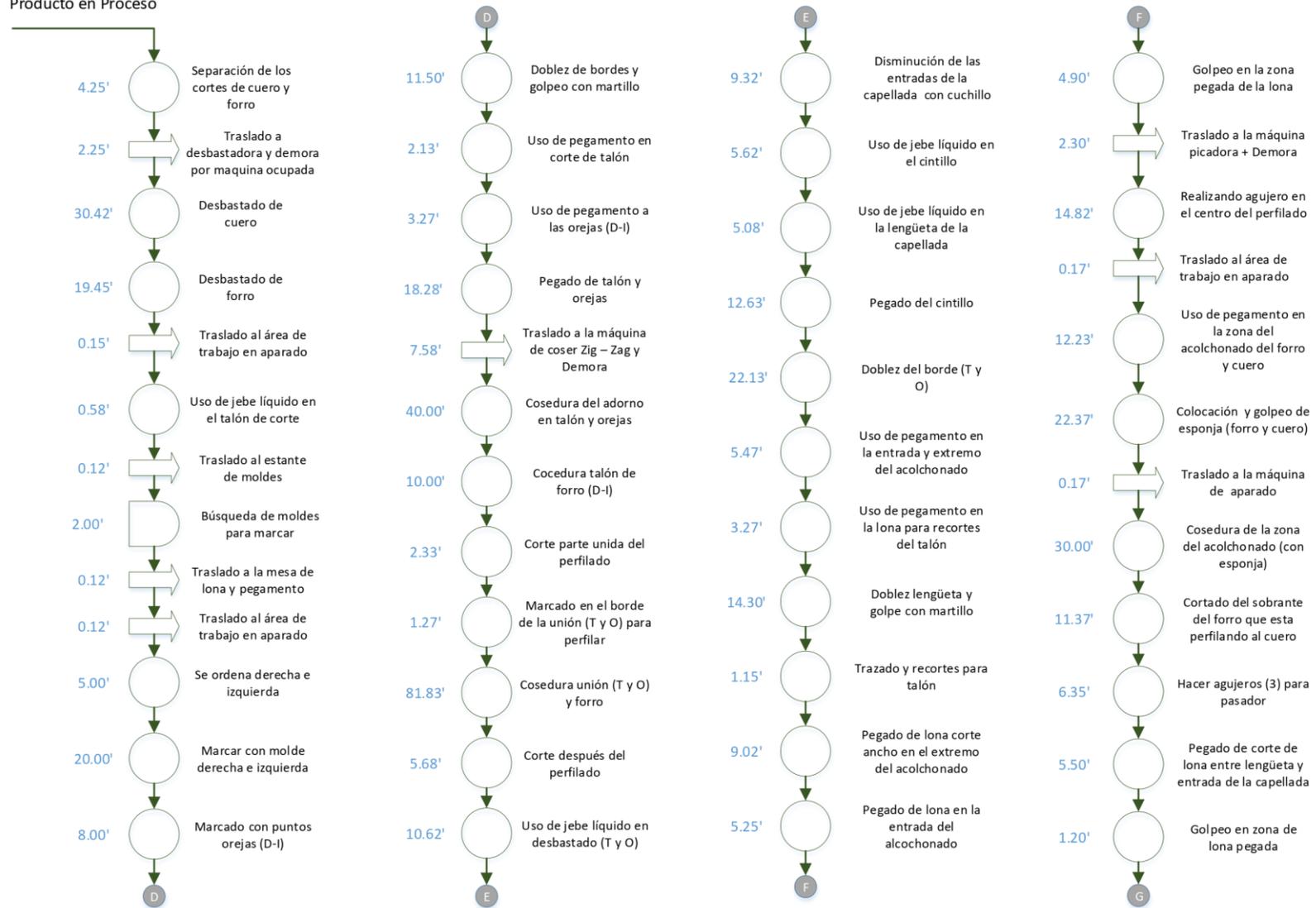


Figura 45: Continuación.

Proceso de Aparado

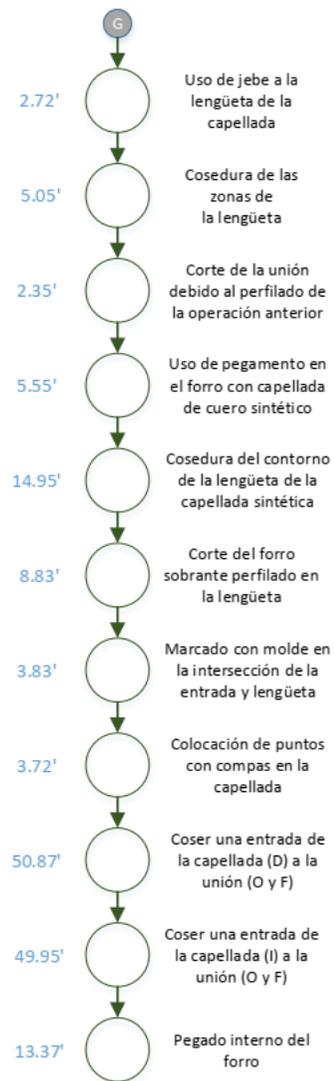


Figura 45: Continuación.

Proceso de Armado



Figura 45: Continuación.

Proceso de Armado

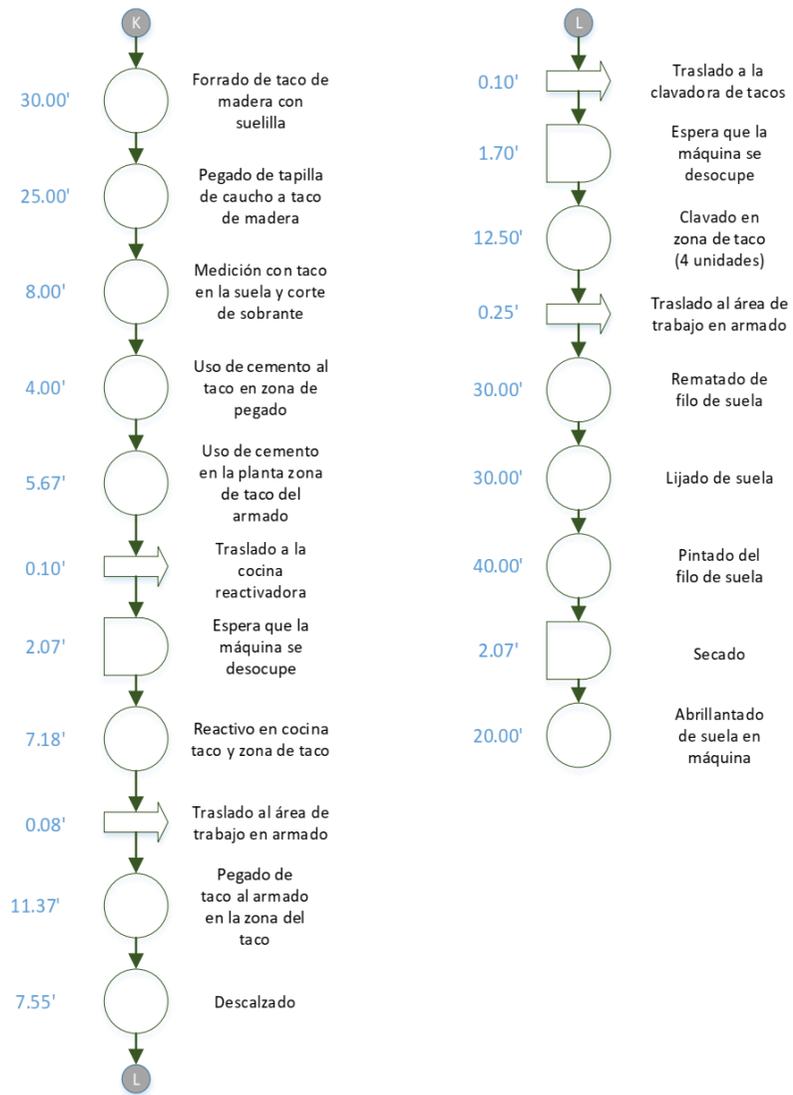


Figura 45: Continuación.

Proceso de Alistado

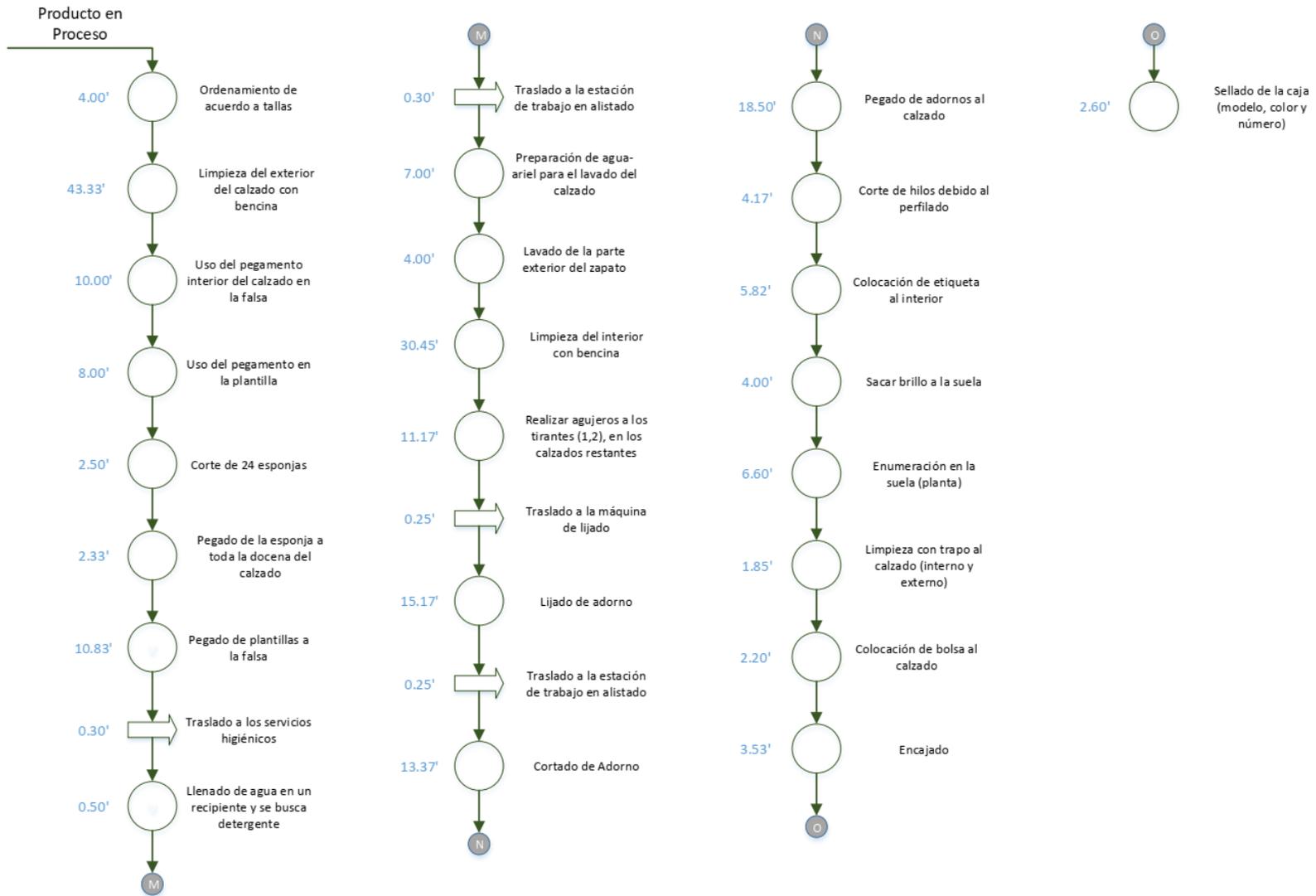


Figura 45: Continuación

Anexo 4

Tabla 57. Guía de Observación para el Análisis de la Distribución Actual

<p>Si un tercio de estos apartados requieren una respuesta afirmativa SI, existen muchas posibilidades de obtener beneficios mejorando la distribución. Si son dos tercios los que pueden contestarse SI, los beneficios de una redistribución son casi ciertos.</p>		
1. Material	SI	NO
a) Alto porcentaje de piezas rechazadas.		X
b) Grandes cantidades de piezas averiadas, estropeadas en proceso, pero no en las operaciones productivas.		X
c) Entregas interdepartamentales lentas.	X	
d) Artículos voluminosos, pesados o costosos, movidos a mayores distancias que otros más pequeños, más ligeros o menos caros.		X
e) Material que se extravía o que pierde su identidad.		X
f) Tiempo excesivamente prolongado de permanencia del material en proceso, en comparación con el tiempo real de operación.	X	
2. Maquinaria	SI	NO
a) Maquinaria inactiva	X	
b) Muchas averías de maquinaria		X
c) Maquinaria anticuada		X
d) Equipo que causa excesiva vibración, ruido, suciedad, vapores.		X
e) Equipo demasiado largo, alto, ancho o pesado para su ubicación.	X	
f) Maquinaria y equipo inaccesibles	X	
3. Hombre	SI	NO
a) Condiciones de trabajo poco seguras o elevada proporción de accidentes	X	
b) Área que no se ajusta a los reglamentos de seguridad	X	
c) Quejas sobre condiciones de trabajo incómodas		X
d) Obreros de pie, ociosos o paseando gran parte de su tiempo	X	
e) Equívocos entre operarios y personal de servicios.		X
f) Trabajadores calificados pasando gran parte de su tiempo realizando operaciones de servicio.		X
4. Movimiento, manejo de materiales	SI	NO
a) Retrocesos, cruces en la circulación de materiales.	X	
b) Operarios calificados o altamente pagados, realizando operaciones de manipulación.	X	
c) Gran porción del tiempo de los operarios, invertido en "recoger" y "dejar" materiales.	X	
d) Frecuentes acarreo y levantamientos a mano.	X	
e) Frecuentes movimientos de levantamiento y traslado que implican esfuerzo.		X
f) Operarios esperando a los ayudantes que los secunden en el manejo manual, o esperando los dispositivos de manejo.		X
g) Operarios forzados a sincronizarse con el equipo de manejo.		X
h) Traslados de larga distancia	X	
i) Traslados demasiado frecuentes.	X	
j) Equipo de manejo inactivo y/o manipuladores ociosos.		X

k) Congestión en los pasillos.	X	
l) Manejos excesivos y transferencias.	X	
5. Espera. Almacenamiento	SI	NO
a) Se observan grandes cantidades de almacenamiento de todas las clases.		X
b) Gran número de pilas de material en proceso, esperando.	X	
c) Confusión, congestión, zonas de almacenaje disformes o muelles de recepción y embarques atiborrados.		X
d) Operarios esperando material en los almacenes o en los puestos de trabajo.	X	
e) Poco aprovechamiento de la tercera dimensión en las áreas de almacenaje.		X
f) Materiales averiados o mermados en las áreas de almacenamiento.		X
g) Elementos de almacenamiento inseguros o inadecuados.		X
h) Manejo excesivo en almacenes o repetición de las operaciones de almacenam.	X	
i) Frecuentes errores en las cuentas o en los registros de existencias.		X
j) Elevados costos en demoras y esperas de los conductores de carretillas.		X
6. Servicio	SI	NO
a) Personal pasando por vestuarios, lavabos o entradas y accesos establecidos.		X
b) Quejas sobre las instalaciones, por inadecuadas.		X
c) Puntos de inspección o control en lugares inadecuados.	X	
d) Inspectores y elementos de inspección y prueba ociosos.		X
e) Entregas retrasadas de material a las áreas de producción.		X
f) Núm. grande de personal empleado en la recogida de desperdicios y rechazos.		X
g) Demoras en las reparaciones.		X
h) Costos de mantenimiento indebidamente altos.		X
i) Líneas de servicios auxiliares que se rompen o averían frecuentemente.		X
j) Trabajadores realizando sus propias ampliaciones o modificaciones en el cableado, tuberías, etc.		X
k) Elevada proporción de empleados y personal de servicio en relación con los trabajadores de producción.		X
l) Número excesivo de reordenaciones del equipo, precipitadas o de emergencia.	X	
7. Edificio	SI	NO
a) Paredes u otras divisiones separando áreas con productos, operaciones o equipos similares.	X	
b) Abarrotamiento de los montacargas o excesiva espera de los mismos.		X
c) Quejas referente a calor, frío o deslumbramientos en las ventanas.		X
d) Pasillos principales, pasos y calles, estrechos o torcidos.	X	
e) Edificios esparcidos, sin seguir ningún patrón.		X
f) Edificios atestados. Trabajadores interfiriéndose unos en el camino de otros.	X	
g) Peticiones frecuentes de más espacio.	X	
8. Cambio	SI	NO
a) Cambios anticipados o corrientes en el diseño del producto, producción.		X
b) Cambios anticipados o corrientes en los métodos, maquinaria o equipo.	X	
c) Cambios anticipados o corrientes en el horario de trabajo, escala de pagos.		X
d) Cambios anticipados o corrientes en los elementos de manejo y de almacenaje.	X	
RESULTADO PORCENTUAL	43%	57%

Nota: Formato de guía de observación de Muther (1970). Se obtuvo más de un tercio de respuestas afirmativas lo que indica que hay muchas posibilidades de obtener beneficios mejorando la distribución, especialmente considerando los apartados 4 y 7. Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 5

Tabla 58. Estimación del Tamaño de Población y Varianza para el Cálculo del Tamaño de Muestra

Año	Demanda Mensual	Docenas	Tiempo Total Proceso
2017	Enero	40	27.77
	Febrero	48	27.70
	Marzo	60	27.20
	Abril	55	27.71
	Mayo	70	27.95
	Junio	48	27.70
	Julio	70	27.82
	Agosto	77	27.62
	Setiembre	72	27.54
	Octubre	55	27.75
	Noviembre	65	27.66
	Diciembre	55	27.44
2018	Enero	30	27.71
	Febrero	42	27.39
	Marzo	55	27.92
	Abril	55	27.90
	Mayo	63	27.82
	Junio	65	27.74
	Julio	55	27.70
	Agosto	60	27.68
	Setiembre	75	27.75
	Octubre	62	27.61
	Noviembre	66	27.67
	Diciembre	50	27.81
Promedio		58.04	-
Varianza		-	0.028

Nota: 58 representa el promedio de veces que se ejecutó el proceso de producción durante los años 2017 y 2018 y 0.028 representa la varianza de los tiempos totales que tomaron realizar dicho proceso. Fuente: Calzature Atlántico S.A.C.

Anexo 6

Tabla 59. Especificaciones Técnicas del Modelo T-25

<p style="text-align: center;">MODELO</p>	<p>De moda, de vestir con pasador (cinco pares por pie de opalillos perforados) y planta o firme de suela (ver gráficos adjuntos). Grafico N°01</p> <p>Nota: Se deberá presentar una muestra (par completo) en número 40, no se aceptará modelo diferente al solicitado.</p>
<p style="text-align: center;">MATERIALES Y COMPONENTES</p>	<p style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CALIDAD</p>
<p style="text-align: center;">HORMAS</p>	<p>De moda y anatómicamente diseñadas que garanticen calzabilidad, comodidad y confort al usuario, al igual que una adecuada función biomecánica, con punta redonda.</p> <p>Técnicamente desarrolladas en punto francés, tanto la calzada como el largo.</p>
<p style="text-align: center;">CORTE Y CAPELLADA</p>	<p>Cuero guante (bobino), semi brillo, plena flor, teñido atravesado a la anilina</p> <p>Espesor de 1.5 mm (\pm 0.1 mm)</p> <p>El cuero, en seco, debe resistir por lo menos 20 000 flexiones sin presentar daño apreciable.</p> <p>Nota: El cuero del calzado (todos los cortes o piezas serán del mismo origen, espesor, tonalidad y acabado.</p>
<p style="text-align: center;">COLOR</p>	<p>Negro.</p>
<p style="text-align: center;">FORRO</p>	<p>Badana (ovino) color natural teñido y atravesado a la anilina.</p> <p>Espesor 1.0 mm. a 1.2 mm (\pm 0.15 mm), con una solidez al frote después de 150 ciclos en seco y 50 ciclos en húmedo, por lo menos 3, en la escala de grises y buena resistencia a la</p>

	abrasión.
FORRO TALÓN	De badana (ovino) color natural por el lado carne (volteado). Espesor 1.0 mm. a 1.2 mm (\pm 0.15 mm), con una solidez del color al frote después de 150 ciclos en seco. Mayor o igual a 3 (escala de grises) y buena resistencia a la abrasión
APARADO	Costura fina con hilo de nylon N° 20,40 y 60 del color del cuero o forro respectivamente, según modelo. Las costuras de ambos calzados deben tener el mismo largo de puntada (4 puntadas por cm.) y deberá emplearse el mismo tipo de hilo e instrucciones en fotos del modelo del calzado.
PALMILLA (FALSA)	Prefabricada con cambrillón metálico – acerado.
CERCO	De vira, especial en salpa (4 mm aprox.) con apariencia de costura
PUNTERA	Termoplástico con retorno elaborado en base de inmersión. Espesor de 0.8 mm. a 1.0 mm
CONTRAFUERTE(TALÓN)	Termoplástico elaborado en base de inmersión. Espesor de 1.2 mm (\pm 0.1 mm).
PLANTILLA	Anatómica, de badana (ovino) de color natural de una sola pieza espesor 0.8 mm. a 1.0 mm , con una solidez del color al frote después de 150 ciclos en seco. Mayor o igual a 3 (escala de grises) , con revestimiento inferior de tela y acolchado de fibra de látex de 3 mm de espesor y cosido al contorno de la misma además debe presentar tratamiento antimicótico. La plantilla debe permitir un caminar con suavidad y comodidad.
SUELA (PLANTA)	Suela crupón al quebracho de primera calidad, de 4.5 mm (\pm 0.2 mm) de espesor. Resistencia a la abrasión menor o igual a 400 mm ³ Acabado (empavonado) con brillo natural y suave al tacto. La suela llevará antideslizante de caucho

	pegado sobre la suela y con canal para la costura de seguridad.
CLAVOS	Estriados de 18mm, 4 unidades por pie para fijar taco en calzado con suela (Cuando el zapato es de taco de suela)
SISTEMA DE FABRICACIÓN	Cementado, con pegamentos de primera calidad de buena resistencia al despegue de la planta mayor o igual a 3.5 N/mm, según la NTP
COSTURA DE LA SUELA	De primera calidad, con hilo nylon N° 12 de 3 cabos. (Si es suela)
TACO	De madera y foro con cuero de suela crupón y con cuatro clavos estriados por pie (cuando la planta es de suela)
TAPILLA	Para el taco, de caucho color negro, sistema SBR, antideslizante. Espesor mayor o igual a 5mm. Con dureza mayor o igual a 80° shore A y una resistencia a la abrasión menor o igual a 180mm ³ . (cuando es suela)
PASADOR	Según modelo de forma redonda de 2.5 mm de espesor aprox., tejido al 100% con fibras de algodón teñido en reactivo, encerado en color negro con extremos reforzados con plástico o metal y con el largo correspondiente a la talla del calzado, que permitan la perfecta elaboración del lazo de amarre.
ETIQUETADO	Reglamento Técnico de Etiquetado según NTP. La información será colocada con los pictogramas respectivos, en etiquetas cosidas directamente al corte (en el lado interno, en el forro de la lengüeta, grabado en la plantilla o grabado en la suela) con la: a) Información sobre los materiales que componen el calzado: 1. Parte superior del calzado (capellada) 2. Forro 3. Plantilla 4. Suela o firme b) País de Origen – Hecho en Perú

	c) Número de RUC del fabricante
NUMERACIÓN Y TALLAS	Sobre medida de cada usuario. tallaje en sistema punto francés tanto la calzada como como el largo, en punto francés no hay medios puntos, tener en consideración la calzada para un buen calce de cada usuario.
ACABADO	Cremas naturales, nutrientes, de brillo natural y suave al tacto, para que el calzado sea más impermeable, para su uso, mantenimiento y buena presentación.
PRESENTACIÓN	Cada calzado en caja de cartón con papel de seda y su bolsa respectiva. En la parte externa de la caja deberá figurar el modelo, color, número del calzado y nombre del usuario.
CRITERIOS DE CONTROL PARA LA ACEPTACIÓN DE LOTES. (Defectos Críticos) Inspección visual	Los calzados terminados no deben presentar los siguientes defectos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Armado de corte equivocado 2. Artículos húmedos, mojados y/o con contaminación microbiana (hongos, moho, etc.). 3. Bordes que lastimen el pie. 4. Calzado incompleto (un zapato o dos del mismo pie) con o número diferente en la talla del calzado. 5. Costuras chuecas, fruncidas o deficientes. 6. Diferente color al especificado en cada una de las partes. 7. Diferente coloración en el corte o la suela de un mismo par. 8. Diferentes materiales a los especificados. 9. Elementos del corte separados en las costuras o sin costuras. 10. Grapas o tachuelas en el interior del calzado (excepto los del taco). 11. Grietas, huecos o tajos en el corte. 12. Mal olor, suciedad, manchas de aceite, grasa, etc. 13. Accesorios con corrosión (óxido). 14. Suela arqueada, cuarteada o cortada, sin dibujo o con deformaciones. 15. Que físicamente no corresponda al diseño solicitado. 16. Sin refuerzo en el talón. 17. Sin plantilla, forros o pasadores. 18. Sobrantes de hilos en las costura

CALZADO DE VESTIR DE CUERO PARA CABALLERO (INVIERNO)

MODELO N°01 (Grafico N°01)



CARA LATERAL EXTERNA



CARA LATERAL INTERNA

COSTURA DE SEGURIDAD EN CANAL



SUELA ANTIDESLIZANTE

**SUELA Y CAUCHO ANTIDESLIZANTE
PEGADO Y COSIDO**

Nota: Fuente: Calzature Atlántico S.A.C.

Anexo 7

Tabla 60. Registro de Tiempos de las Operaciones del Proceso de Aparado

N	Proceso	Toma de Tiempos por Operación				
		1ra	2da	3ra	4ta	5ta
1	Separar Piezas de Corte	4.21	3.93	3.90	4.29	3.68
2	Dirigirse a Maquina Desbastadora + Demora por Máquina Ocupada	2.71	1.98	2.27	1.33	1.88
3	Operación de Desbastado	51.29	48.52	48.47	52.10	44.79
4	Operación en Mesa	70.81	70.09	69.92	70.99	70.30
5	Dirigirse a Maquina de Coser Zig-Zag + Demora por Máquina Ocupada	7.06	8.19	6.48	7.38	7.88
6	Operación en Maquina de Coser Zig-Zag	50.48	49.07	50.83	49.92	50.26
7	Operación en Mesa	2.77	2.86	3.29	2.91	3.72
8	Operación en Maquina de Coser Zig-Zag	78.22	81.05	83.04	77.46	80.86
9	Operación en Mesa	106.39	112.28	111.53	110.38	116.85
10	Dirigirse a Maquina Picadora + Demora por Máquina Ocupada	2.21	2.11	2.01	2.06	2.01
11	Operación en Maquina Picadora	15.13	14.30	13.37	14.36	14.41
12	Operación en Mesa	27.51	35.78	28.56	34.13	32.91
13	Dirigirse a Maquina Aparadora	0.11	0.07	0.06	0.08	0.10
14	Operación en Maquina Aparadora	30.23	28.79	30.27	28.51	29.73
15	Operación en Mesa	27.09	26.84	26.94	27.17	26.92
16	Operación en Maquina Aparadora	4.68	4.79	4.80	4.75	5.24
17	Operación en Mesa	8.35	5.71	6.74	6.58	6.68
18	Operación en Maquina Aparadora	14.24	13.82	13.06	13.21	13.60
19	Operación en Mesa	14.13	14.73	15.38	15.09	15.07
20	Operación en Maquina Aparadora	102.22	96.75	99.57	101.45	102.48
21	Operación en Mesa	14.74	16.34	15.50	12.62	14.84

Nota: Cada columna corresponde a los tiempos tomados durante el desarrollo del proceso, se realizo esta toma de tiempos un total de 25 repeticiones. Las unidades de los tiempos están en minutos/docena. Fuente: Elaboración Propia.

N	Proceso	Toma de Tiempos por Operación				
		6ta	7ma	8va	9na	10ma
1	Separar Piezas de Corte	4.37	4.12	4.25	4.26	4.23
2	Dirigirse a Maquina Desbastadora + Demora por Máquina Ocupada	2.24	2.82	2.53	1.67	2.52
3	Operación de Desbastado	49.36	50.24	47.70	46.59	47.44
4	Operación en Mesa	68.57	71.47	69.73	71.20	69.14
5	Dirigirse a Maquina de Coser Zig-Zag + Demora por Máquina Ocupada	8.15	6.92	6.23	7.31	6.37
6	Operación en Maquina de Coser Zig-Zag	49.66	50.47	50.48	51.15	49.43
7	Operación en Mesa	3.12	1.76	2.84	2.47	3.35
8	Operación en Maquina de Coser Zig-Zag	81.79	78.25	76.03	82.78	81.98
9	Operación en Mesa	107.54	113.60	113.17	114.12	113.92
10	Dirigirse a Maquina Picadora + Demora por Máquina Ocupada	2.18	2.26	2.39	2.30	2.37
11	Operación en Maquina Picadora	14.10	15.23	14.77	12.86	13.55
12	Operación en Mesa	37.32	32.40	32.82	33.88	33.27
13	Dirigirse a Maquina Aparadora	0.12	0.11	0.05	0.06	0.06
14	Operación en Maquina Aparadora	28.05	29.57	30.35	26.06	28.81
15	Operación en Mesa	26.83	26.79	26.83	26.97	27.18
16	Operación en Maquina Aparadora	5.02	4.69	4.62	4.80	4.87
17	Operación en Mesa	7.12	6.96	7.71	9.12	7.52
18	Operación en Maquina Aparadora	15.13	14.34	14.63	13.18	14.92
19	Operación en Mesa	14.54	14.50	16.26	15.06	15.27
20	Operación en Maquina Aparadora	104.36	104.75	100.94	99.73	100.88
21	Operación en Mesa	12.29	13.04	14.05	14.31	12.08

Nota: Continuación. Fuente: Elaboración Propia.

N	Proceso	Toma de Tiempos por Operación				
		11ma	12ma	13ra	14ta	15ta
1	Separar Piezas de Corte	4.10	4.14	3.72	4.42	3.94
2	Dirigirse a Maquina Desbastadora + Demora por Máquina Ocupada	2.21	2.42	1.98	1.99	1.54
3	Operación de Desbastado	48.58	49.26	48.80	47.82	44.82
4	Operación en Mesa	69.50	66.85	68.20	70.44	69.43
5	Dirigirse a Maquina de Coser Zig-Zag + Demora por Máquina Ocupada	7.45	7.06	7.70	6.31	6.99
6	Operación en Maquina de Coser Zig-Zag	50.34	50.32	49.54	48.88	49.81
7	Operación en Mesa	2.18	2.80	3.23	3.49	3.63
8	Operación en Maquina de Coser Zig-Zag	81.10	82.45	83.75	84.35	83.07
9	Operación en Mesa	114.46	113.53	111.46	108.98	118.04
10	Dirigirse a Maquina Picadora + Demora por Máquina Ocupada	2.34	2.39	2.14	2.41	2.44
11	Operación en Maquina Picadora	14.40	14.15	14.64	14.68	13.86
12	Operación en Mesa	34.11	31.94	31.43	33.18	27.95
13	Dirigirse a Maquina Aparadora	0.11	0.12	0.05	0.09	0.05
14	Operación en Maquina Aparadora	29.32	28.82	28.61	30.63	30.43
15	Operación en Mesa	26.80	26.98	27.03	26.93	26.81
16	Operación en Maquina Aparadora	5.06	4.69	4.87	4.94	5.30
17	Operación en Mesa	5.14	8.48	7.13	5.96	6.36
18	Operación en Maquina Aparadora	13.51	14.31	13.99	13.89	13.74
19	Operación en Mesa	14.28	14.42	14.16	15.25	15.14
20	Operación en Maquina Aparadora	99.63	102.14	101.91	103.39	100.24
21	Operación en Mesa	11.11	12.50	13.29	16.22	18.99

Nota: Continuación. Fuente: Elaboración Propia.

N	Proceso	Toma de Tiempos por Operación				
		16ta	17ma	18va	19na	20ma
1	Separar Piezas de Corte	3.90	4.36	4.25	4.26	4.48
2	Dirigirse a Maquina Desbastadora + Demora por Máquina Ocupada	2.90	1.48	1.95	2.16	2.22
3	Operación de Desbastado	44.45	49.10	50.79	47.12	44.02
4	Operación en Mesa	70.96	69.19	69.38	69.35	69.46
5	Dirigirse a Maquina de Coser Zig-Zag + Demora por Máquina Ocupada	8.16	7.84	7.62	7.69	6.74
6	Operación en Maquina de Coser Zig-Zag	50.02	49.48	51.36	49.48	49.47
7	Operación en Mesa	2.12	2.54	2.52	2.64	3.11
8	Operación en Maquina de Coser Zig-Zag	82.59	80.41	80.76	78.65	78.45
9	Operación en Mesa	113.08	115.18	121.16	112.11	110.05
10	Dirigirse a Maquina Picadora + Demora por Máquina Ocupada	2.37	2.28	2.43	2.02	2.37
11	Operación en Maquina Picadora	14.23	15.16	13.35	13.01	13.00
12	Operación en Mesa	27.92	31.54	34.60	31.22	30.02
13	Dirigirse a Maquina Aparadora	0.06	0.06	0.10	0.06	0.11
14	Operación en Maquina Aparadora	32.07	28.98	31.44	30.26	30.43
15	Operación en Mesa	27.14	27.25	27.00	26.79	27.45
16	Operación en Maquina Aparadora	5.54	4.68	5.01	4.89	4.71
17	Operación en Mesa	6.66	6.63	6.62	6.42	6.26
18	Operación en Maquina Aparadora	13.41	13.51	13.97	12.66	13.45
19	Operación en Mesa	14.58	15.63	15.06	15.15	15.01
20	Operación en Maquina Aparadora	102.37	98.81	99.82	101.54	101.34
21	Operación en Mesa	13.62	12.53	15.66	15.31	16.79

Nota: Continuación. Fuente: Elaboración Propia.

N	Proceso	Toma de Tiempos por Operación				
		21ra	22da	23ra	24ta	25ta
1	Separar Piezas de Corte	3.92	3.93	3.63	3.54	4.14
2	Dirigirse a Maquina Desbastadora + Demora por Máquina Ocupada	1.44	2.17	2.68	2.29	1.93
3	Operación de Desbastado	48.04	45.43	47.55	49.48	50.50
4	Operación en Mesa	68.55	71.47	69.74	70.68	70.82
5	Dirigirse a Maquina de Coser Zig-Zag + Demora por Máquina Ocupada	6.26	7.27	7.88	7.21	6.56
6	Operación en Maquina de Coser Zig-Zag	49.62	50.10	50.04	50.03	48.74
7	Operación en Mesa	3.02	2.21	2.77	2.84	2.65
8	Operación en Maquina de Coser Zig-Zag	77.58	85.42	82.76	81.70	82.07
9	Operación en Mesa	116.79	115.94	112.09	114.86	112.03
10	Dirigirse a Maquina Picadora + Demora por Máquina Ocupada	2.09	2.10	2.47	2.26	2.07
11	Operación en Maquina Picadora	12.42	13.80	13.88	12.41	12.93
12	Operación en Mesa	34.97	28.36	33.73	30.67	31.16
13	Dirigirse a Maquina Aparadora	0.07	0.09	0.08	0.07	0.10
14	Operación en Maquina Aparadora	28.37	28.78	29.47	30.62	30.04
15	Operación en Mesa	27.09	27.27	26.60	26.91	26.91
16	Operación en Maquina Aparadora	4.58	4.94	4.72	4.90	4.77
17	Operación en Mesa	7.40	7.43	5.89	6.47	7.81
18	Operación en Maquina Aparadora	14.41	13.89	15.40	15.10	13.32
19	Operación en Mesa	14.91	15.15	14.35	16.07	13.69
20	Operación en Maquina Aparadora	102.16	103.78	99.46	99.79	98.88
21	Operación en Mesa	11.70	10.87	16.91	14.02	16.42

Nota: Continuación. Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 8

Tabla 61. Registro de Tiempos de las Operaciones del Proceso de Armado

N	Proceso	Toma de Tiempos por Operación				
		1	2	3	4	5
1	Busqueda de Hormas	2.97	3.01	3.01	3.03	2.91
2	Dirigirse a Mesa de Trabajo	0.09	0.16	0.14	0.08	0.05
3	Ordenar Hormas	3.10	3.18	3.15	3.04	3.22
4	Dirigirse a Recortadora de Falsas	0.10	0.11	0.08	0.09	0.07
5	Operación de Cortado	7.88	8.75	7.62	7.80	7.56
6	Regresa a Mesa de Trabajo	0.16	0.09	0.09	0.12	0.07
7	Operación en Mesa	94.61	100.49	97.45	95.64	99.46
8	Dirigirse al Horno de Secado	0.12	0.11	0.13	0.14	0.08
9	Operación de Secado	2.87	2.11	1.80	1.89	1.67
10	Regresa a Mesa de Trabajo	0.07	0.07	0.06	0.10	0.13
11	Operación en Mesa	35.79	38.83	37.71	36.43	39.19
12	Dirigirse al Horno de Secado	0.08	0.10	0.14	0.13	0.12
13	Demora por máquina ocupada	0.65	0.88	0.84	0.67	0.70
14	Operación de Secado	3.47	2.36	1.37	1.38	2.24
15	Regresa a Mesa de Trabajo	0.13	0.10	0.11	0.10	0.09
16	Operación en Mesa	16.60	10.32	4.29	4.78	1.64
17	Dirigirse a la Cerradora de Punta / Talón	0.12	0.14	0.14	0.10	0.09
18	Demora por máquina ocupada	2.75	1.25	2.61	5.79	4.40
19	Operación de Armado	180.75	177.88	178.80	175.94	175.18
20	Regresa a Mesa de Trabajo	0.18	0.24	0.14	0.28	0.22
21	Operación en Mesa	15.53	18.81	21.06	18.23	20.43
22	Dirigirse al Horno de Secado	0.09	0.17	0.17	0.06	0.10
23	Demora por máquina ocupada	0.46	0.12	0.24	0.37	0.22
24	Operación de Secado	2.93	2.74	1.93	2.04	1.58
25	Regresa a Mesa de Trabajo	0.13	0.07	0.14	0.12	0.12
26	Operación en Mesa	27.89	27.84	28.01	28.28	29.00
27	Dirigirse a la Prensa de Suelas	0.19	0.17	0.21	0.21	0.08
28	Demora por máquina ocupada	1.95	1.85	2.22	1.67	1.58
29	Operación de Pegado a Presión	8.40	8.44	8.80	7.18	8.32
30	Regresa a Mesa de Trabajo	0.20	0.17	0.18	0.21	0.25
31	Operación en Mesa	73.48	70.65	70.60	68.81	67.83
32	Dirigirse a Cocina Reactivadora	0.10	0.17	0.15	0.12	0.14
33	Demora por máquina ocupada	2.23	2.19	1.12	2.11	2.18
34	Operación de Reactivado	6.87	6.63	6.44	5.88	5.25
35	Regresa a Mesa de Trabajo	0.19	0.19	0.14	0.28	0.16
36	Operación en Mesa	20.16	21.15	17.46	15.71	19.52
37	Dirigirse a Clavadora de Tacos	0.14	0.06	0.12	0.16	0.12
38	Demora por máquina ocupada	1.26	1.49	0.99	0.61	0.61
39	Operación de Clavado	13.77	12.47	12.20	12.08	12.22
40	Regresa a Mesa de Trabajo	0.14	0.22	0.13	0.13	0.22
41	Operación en Mesa	116.31	122.38	117.84	114.73	115.28

Nota: Cada columna corresponde a los tiempos tomados durante el desarrollo del proceso, se realizó esta toma de tiempos un total de 25 repeticiones. Las unidades de los tiempos están en minutos/docena. Fuente: Elaboración Propia.

N	Proceso	Toma de Tiempos por Operación				
		6	7	8	9	10
1	Busqueda de Hormas	3.02	3.06	2.98	3.15	2.98
2	Dirigirse a Mesa de Trabajo	0.08	0.11	0.16	0.11	0.13
3	Ordenar Hormas	3.07	3.00	3.05	3.17	3.25
4	Dirigirse a Recortadora de Falsas	0.12	0.10	0.12	0.14	0.11
5	Operación de Cortado	8.02	7.81	7.92	8.12	8.01
6	Regresa a Mesa de Trabajo	0.14	0.11	0.08	0.11	0.10
7	Operación en Mesa	98.79	98.55	96.78	95.97	100.64
8	Dirigirse al Horno de Secado	0.06	0.11	0.17	0.08	0.10
9	Operación de Secado	2.35	2.24	2.66	2.45	1.98
10	Regresa a Mesa de Trabajo	0.11	0.16	0.09	0.16	0.10
11	Operación en Mesa	26.60	32.52	33.82	39.69	35.27
12	Dirigirse al Horno de Secado	0.13	0.07	0.07	0.11	0.06
13	Demora por máquina ocupada	0.63	0.95	0.67	0.81	0.78
14	Operación de Secado	2.40	2.73	2.64	1.51	2.47
15	Regresa a Mesa de Trabajo	0.15	0.07	0.08	0.08	0.07
16	Operación en Mesa	7.31	9.30	11.24	8.14	15.06
17	Dirigirse a la Cerradora de Punta / Talón	0.16	0.18	0.20	0.19	0.17
18	Demora por máquina ocupada	4.22	3.41	1.61	5.21	2.40
19	Operación de Armado	177.20	178.03	172.70	180.56	180.03
20	Regresa a Mesa de Trabajo	0.15	0.25	0.26	0.15	0.20
21	Operación en Mesa	21.82	17.53	23.98	21.72	20.68
22	Dirigirse al Horno de Secado	0.14	0.16	0.10	0.09	0.17
23	Demora por máquina ocupada	0.31	0.40	0.25	0.39	0.31
24	Operación de Secado	2.03	1.73	2.97	1.57	1.17
25	Regresa a Mesa de Trabajo	0.08	0.10	0.06	0.15	0.11
26	Operación en Mesa	27.74	27.59	29.00	27.59	28.24
27	Dirigirse a la Prensa de Suelas	0.22	0.14	0.16	0.10	0.17
28	Demora por máquina ocupada	2.22	1.59	1.78	1.42	1.55
29	Operación de Pegado a Presión	7.36	7.67	6.60	7.32	7.78
30	Regresa a Mesa de Trabajo	0.18	0.26	0.16	0.18	0.14
31	Operación en Mesa	72.28	69.32	69.59	71.48	73.36
32	Dirigirse a Cocina Reactivadora	0.10	0.09	0.12	0.16	0.12
33	Demora por máquina ocupada	1.80	2.10	2.09	2.31	1.43
34	Operación de Reactivado	6.04	7.35	8.07	5.85	8.27
35	Regresa a Mesa de Trabajo	0.18	0.23	0.13	0.26	0.19
36	Operación en Mesa	16.29	17.03	16.26	16.03	18.80
37	Dirigirse a Clavadora de Tacos	0.12	0.17	0.10	0.08	0.17
38	Demora por máquina ocupada	0.88	1.78	0.75	0.55	0.52
39	Operación de Clavado	11.91	12.75	11.41	13.00	13.33
40	Regresa a Mesa de Trabajo	0.12	0.17	0.22	0.27	0.22
41	Operación en Mesa	122.76	121.60	121.57	122.81	123.32

Nota: Continuación. Fuente: Elaboración Propia.

N	Proceso	Toma de Tiempos por Operación				
		11	12	13	14	15
1	Busqueda de Hormas	3.14	3.17	3.06	2.96	2.96
2	Dirigirse a Mesa de Trabajo	0.12	0.09	0.15	0.16	0.15
3	Ordenar Hormas	3.12	3.10	3.11	3.32	3.33
4	Dirigirse a Recortadora de Falsas	0.10	0.07	0.13	0.05	0.06
5	Operación de Cortado	7.95	8.11	7.83	8.16	7.75
6	Regresa a Mesa de Trabajo	0.06	0.09	0.15	0.15	0.13
7	Operación en Mesa	97.20	96.57	98.00	98.01	103.20
8	Dirigirse al Horno de Secado	0.17	0.10	0.16	0.11	0.10
9	Operación de Secado	1.02	2.08	1.73	1.47	1.55
10	Regresa a Mesa de Trabajo	0.05	0.09	0.12	0.11	0.11
11	Operación en Mesa	33.70	37.74	33.58	35.26	30.57
12	Dirigirse al Horno de Secado	0.10	0.15	0.15	0.07	0.10
13	Demora por máquina ocupada	0.95	0.81	0.90	0.62	0.66
14	Operación de Secado	2.59	1.46	1.59	2.09	2.27
15	Regresa a Mesa de Trabajo	0.05	0.13	0.14	0.14	0.05
16	Operación en Mesa	8.95	6.61	9.96	9.67	10.80
17	Dirigirse a la Cerradora de Punta / Talón	0.17	0.16	0.11	0.11	0.18
18	Demora por máquina ocupada	5.09	3.70	1.42	3.98	2.42
19	Operación de Armado	179.15	182.34	182.42	175.94	175.16
20	Regresa a Mesa de Trabajo	0.23	0.17	0.27	0.16	0.23
21	Operación en Mesa	18.68	20.00	17.16	18.33	20.15
22	Dirigirse al Horno de Secado	0.07	0.05	0.15	0.11	0.15
23	Demora por máquina ocupada	0.41	0.19	0.39	0.22	0.35
24	Operación de Secado	2.07	1.55	1.49	2.46	1.61
25	Regresa a Mesa de Trabajo	0.17	0.12	0.15	0.06	0.12
26	Operación en Mesa	28.52	27.69	28.27	27.66	27.14
27	Dirigirse a la Prensa de Suelas	0.11	0.23	0.17	0.15	0.23
28	Demora por máquina ocupada	1.25	1.62	1.84	1.68	1.83
29	Operación de Pegado a Presión	9.36	7.94	9.27	7.12	7.55
30	Regresa a Mesa de Trabajo	0.25	0.26	0.19	0.15	0.23
31	Operación en Mesa	72.24	69.02	72.08	70.39	72.41
32	Dirigirse a Cocina Reactivadora	0.17	0.07	0.11	0.11	0.07
33	Demora por máquina ocupada	1.19	1.15	2.09	2.39	1.30
34	Operación de Reactivado	5.66	7.14	7.84	7.14	6.41
35	Regresa a Mesa de Trabajo	0.19	0.23	0.25	0.27	0.17
36	Operación en Mesa	19.65	18.58	18.46	18.90	16.81
37	Dirigirse a Clavadora de Tacos	0.09	0.16	0.13	0.06	0.12
38	Demora por máquina ocupada	1.63	1.49	1.17	1.45	1.11
39	Operación de Clavado	12.49	11.66	11.13	12.52	13.07
40	Regresa a Mesa de Trabajo	0.23	0.15	0.17	0.28	0.15
41	Operación en Mesa	116.96	114.72	118.88	113.35	129.49

Nota: Continuación. Fuente: Elaboración Propia.

N	Proceso	Toma de Tiempos por Operación				
		16	17	18	19	20
1	Busqueda de Hormas	3.05	3.02	3.06	3.00	2.94
2	Dirigirse a Mesa de Trabajo	0.09	0.08	0.09	0.15	0.10
3	Ordenar Hormas	3.09	3.27	3.25	3.01	3.20
4	Dirigirse a Recortadora de Falsas	0.10	0.11	0.10	0.10	0.13
5	Operación de Cortado	7.94	7.70	8.15	7.96	7.67
6	Regresa a Mesa de Trabajo	0.06	0.06	0.10	0.06	0.10
7	Operación en Mesa	99.15	96.46	98.27	96.73	102.53
8	Dirigirse al Horno de Secado	0.15	0.11	0.06	0.13	0.17
9	Operación de Secado	2.77	2.21	1.28	1.90	2.06
10	Regresa a Mesa de Trabajo	0.06	0.16	0.13	0.06	0.13
11	Operación en Mesa	30.83	34.96	35.92	40.43	34.42
12	Dirigirse al Horno de Secado	0.10	0.15	0.09	0.10	0.15
13	Demora por máquina ocupada	0.94	0.71	0.84	0.62	0.87
14	Operación de Secado	1.27	2.45	1.85	2.28	1.53
15	Regresa a Mesa de Trabajo	0.05	0.05	0.08	0.07	0.08
16	Operación en Mesa	5.97	5.64	5.29	7.08	8.25
17	Dirigirse a la Cerradora de Punta / Talón	0.13	0.16	0.11	0.13	0.10
18	Demora por máquina ocupada	3.44	2.54	2.54	5.43	3.01
19	Operación de Armado	178.79	177.34	180.28	177.52	177.48
20	Regresa a Mesa de Trabajo	0.21	0.13	0.25	0.24	0.28
21	Operación en Mesa	19.23	17.96	21.58	21.52	18.60
22	Dirigirse al Horno de Secado	0.06	0.12	0.13	0.11	0.14
23	Demora por máquina ocupada	0.29	0.19	0.41	0.12	0.47
24	Operación de Secado	1.09	2.24	2.88	1.71	2.44
25	Regresa a Mesa de Trabajo	0.14	0.05	0.16	0.08	0.10
26	Operación en Mesa	28.79	28.05	28.07	27.48	28.18
27	Dirigirse a la Prensa de Suelas	0.24	0.24	0.18	0.09	0.17
28	Demora por máquina ocupada	1.99	1.26	1.85	1.30	1.85
29	Operación de Pegado a Presión	8.62	7.81	8.72	8.87	8.07
30	Regresa a Mesa de Trabajo	0.19	0.19	0.20	0.24	0.16
31	Operación en Mesa	69.59	68.33	65.34	69.49	65.02
32	Dirigirse a Cocina Reactivadora	0.11	0.10	0.16	0.09	0.08
33	Demora por máquina ocupada	2.34	2.04	2.21	1.84	2.36
34	Operación de Reactivado	8.86	7.03	4.37	6.54	6.99
35	Regresa a Mesa de Trabajo	0.19	0.23	0.25	0.14	0.28
36	Operación en Mesa	17.87	14.42	20.23	20.95	19.94
37	Dirigirse a Clavadora de Tacos	0.05	0.16	0.15	0.14	0.14
38	Demora por máquina ocupada	0.78	1.51	1.61	1.20	1.64
39	Operación de Clavado	12.19	12.35	11.88	13.22	12.51
40	Regresa a Mesa de Trabajo	0.26	0.17	0.26	0.13	0.23
41	Operación en Mesa	124.00	113.30	113.65	119.22	116.84

Nota: Continuación. Fuente: Elaboración Propia.

N	Proceso	Toma de Tiempos por Operación				
		21	22	23	24	25
1	Busqueda de Hormas	2.98	2.93	3.02	3.13	2.99
2	Dirigirse a Mesa de Trabajo	0.11	0.14	0.08	0.14	0.07
3	Ordenar Hormas	3.20	3.31	3.16	3.20	3.15
4	Dirigirse a Recortadora de Falsas	0.06	0.14	0.06	0.10	0.06
5	Operación de Cortado	7.77	7.81	7.93	7.88	8.12
6	Regresa a Mesa de Trabajo	0.15	0.14	0.16	0.13	0.14
7	Operación en Mesa	98.47	97.75	100.24	97.30	100.85
8	Dirigirse al Horno de Secado	0.12	0.06	0.15	0.15	0.05
9	Operación de Secado	2.29	2.91	1.14	2.34	2.82
10	Regresa a Mesa de Trabajo	0.09	0.15	0.17	0.11	0.12
11	Operación en Mesa	32.03	38.65	38.71	32.49	36.11
12	Dirigirse al Horno de Secado	0.12	0.12	0.17	0.17	0.13
13	Demora por máquina ocupada	0.59	0.72	0.75	0.66	0.87
14	Operación de Secado	2.36	2.25	1.07	1.54	1.38
15	Regresa a Mesa de Trabajo	0.14	0.14	0.07	0.15	0.13
16	Operación en Mesa	2.40	6.57	9.42	5.42	6.14
17	Dirigirse a la Cerradora de Punta / Talón	0.14	0.10	0.09	0.19	0.18
18	Demora por máquina ocupada	1.20	5.10	3.80	5.86	1.69
19	Operación de Armado	179.01	171.42	174.47	176.36	178.87
20	Regresa a Mesa de Trabajo	0.19	0.20	0.22	0.15	0.21
21	Operación en Mesa	20.35	19.22	20.65	20.33	14.53
22	Dirigirse al Horno de Secado	0.14	0.11	0.09	0.07	0.11
23	Demora por máquina ocupada	0.36	0.30	0.13	0.15	0.27
24	Operación de Secado	1.50	2.32	1.43	2.48	1.68
25	Regresa a Mesa de Trabajo	0.13	0.10	0.12	0.12	0.14
26	Operación en Mesa	27.72	28.60	27.58	26.98	28.12
27	Dirigirse a la Prensa de Suelas	0.15	0.10	0.16	0.18	0.16
28	Demora por máquina ocupada	2.24	2.34	1.40	1.80	2.42
29	Operación de Pegado a Presión	7.09	8.47	7.42	8.77	8.89
30	Regresa a Mesa de Trabajo	0.26	0.24	0.16	0.24	0.21
31	Operación en Mesa	65.29	66.46	69.86	70.00	69.66
32	Dirigirse a Cocina Reactivadora	0.16	0.13	0.13	0.13	0.06
33	Demora por máquina ocupada	1.23	1.46	1.94	2.12	1.78
34	Operación de Reactivado	6.28	6.10	9.56	6.64	6.96
35	Regresa a Mesa de Trabajo	0.19	0.22	0.16	0.20	0.13
36	Operación en Mesa	19.85	20.50	19.12	17.48	16.65
37	Dirigirse a Clavadora de Tacos	0.16	0.06	0.14	0.08	0.16
38	Demora por máquina ocupada	1.59	1.86	1.81	1.01	1.32
39	Operación de Clavado	12.51	11.76	11.98	11.97	11.69
40	Regresa a Mesa de Trabajo	0.27	0.22	0.16	0.27	0.14
41	Operación en Mesa	119.10	112.85	117.92	120.90	114.06

Nota: Continuación. Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 9

Tabla 62. Resultados del Tipo de Distribución de los Tiempos de las Operaciones del Proceso de Aparado

<p>1 Separar Piezas de Corte</p>	<p>2 Dirigirse a Maquina Desbastadora + Demora por Máquina Ocupada</p>
<pre> Distribution Summary Distribution: Normal Expression: NORM(4.08, 0.252) Square Error: 0.018880 Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 1.78 Corresponding p-value < 0.005 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.128 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 3.54 Max Data Value = 4.48 Sample Mean = 4.08 Sample Std Dev = 0.258 </pre>	<pre> Distribution Summary Distribution: Uniform Expression: UNIF(1.17, 3) Square Error: 0.054400 Chi Square Test Number of intervals = 4 Degrees of freedom = 3 Test Statistic = 6.7 Corresponding p-value = 0.0856 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.188 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 1.33 Max Data Value = 2.9 Sample Mean = 2.13 Sample Std Dev = 0.432 </pre>
<p>3 Operación de Desbastado</p>	<p>4 Operación en Mesa</p>
<pre> Distribution Summary Distribution: Normal Expression: NORM(48.1, 2.13) Square Error: 0.020221 Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 0.161 Corresponding p-value < 0.005 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.0995 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 44 Max Data Value = 52.1 Sample Mean = 48.1 Sample Std Dev = 2.18 </pre>	<pre> Distribution Summary Distribution: Normal Expression: NORM(69.8, 1.09) Square Error: 0.004570 Chi Square Test Number of intervals = 2 Degrees of freedom = -1 Test Statistic = 0.0795 Corresponding p-value < 0.005 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.0972 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 66.8 Max Data Value = 71.5 Sample Mean = 69.8 Sample Std Dev = 1.11 </pre>

<p>5 Dirigirse a Máquina de Coser Zig-Zag + Demora por Máquina Ocupada</p>	<p>6 Operación en Máquina de Coser Zig-Zag</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Uniform Expression: UNIF(6.03, 8.39) Square Error: 0.025600</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 4 Degrees of freedom = 3 Test Statistic = 2.4 Corresponding p-value = 0.495</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.0971 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 6.23 Max Data Value = 8.19 Sample Mean = 7.23 Sample Std Dev = 0.629</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(50, 0.638) Square Error: 0.005527</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 0.508 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.0987 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 48.7 Max Data Value = 51.4 Sample Mean = 50 Sample Std Dev = 0.651</p> </div>
<p>7 Operación en Mesa</p>	<p>8 Operación en Máquina de Coser Zig-Zag</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(2.83, 0.471) Square Error: 0.008673</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 0.612 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.0856 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 1.76 Max Data Value = 3.72 Sample Mean = 2.83 Sample Std Dev = 0.481</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(81.1, 2.34) Square Error: 0.013032</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 1.16 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.129 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 76 Max Data Value = 85.4 Sample Mean = 81.1 Sample Std Dev = 2.39</p> </div>
<p>9 Operación en Mesa</p>	<p>10 Dirigirse a Maquina Picadora + Demora por Máquina Ocupada</p>

<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(113, 3.19) Square Error: 0.001999</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 0.216 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.0904 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 106 Max Data Value = 121 Sample Mean = 113 Sample Std Dev = 3.26</p>	<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Uniform Expression: UNIF(2, 2.52) Square Error: 0.025600</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 4 Degrees of freedom = 3 Test Statistic = 2.4 Corresponding p-value = 0.495</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.114 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 2.01 Max Data Value = 2.47 Sample Mean = 2.24 Sample Std Dev = 0.153</p>
<p>11 Operación en Maquina Picadora</p>	<p>12 Operación en Mesa</p>
<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(13.9, 0.815) Square Error: 0.012053</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 1.52 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.109 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 12.4 Max Data Value = 15.2 Sample Mean = 13.9 Sample Std Dev = 0.832</p>	<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(32.1, 2.56) Square Error: 0.026472</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 1.09 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.128 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 27.5 Max Data Value = 37.3 Sample Mean = 32.1 Sample Std Dev = 2.61</p>
<p>13 Dirigirse a Maquina Aparadora</p>	<p>14 Operación en Maquina Aparadora</p>

<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.04, 0.13) Square Error: 0.054400</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 1.5 Corresponding p-value = 0.479</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.111 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.05 Max Data Value = 0.12 Sample Mean = 0.0816 Sample Std Dev = 0.0237</p>	<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(29.5, 1.21) Square Error: 0.010899</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 1.46 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.114 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 26.1 Max Data Value = 32.1 Sample Mean = 29.5 Sample Std Dev = 1.23</p>
<p>15 Operación en Mesa</p>	<p>16 Operación en Maquina Aparadora</p>
<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(27, 0.186) Square Error: 0.019630</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 0.898 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.112 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 26.6 Max Data Value = 27.4 Sample Mean = 27 Sample Std Dev = 0.19</p>	<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(4.87, 0.222) Square Error: 0.045145</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 2 Degrees of freedom = -1 Test Statistic = 5.03 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.189 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 4.58 Max Data Value = 5.54 Sample Mean = 4.87 Sample Std Dev = 0.227</p>
<p>17 Operación en Mesa</p>	<p>18 Operación en Maquina Aparadora</p>

<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(6.93, 0.893) Square Error: 0.022887</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 2 Degrees of freedom = -1 Test Statistic = 1.98 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.15 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 5.14 Max Data Value = 9.12 Sample Mean = 6.93 Sample Std Dev = 0.911</p>	<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(13.9, 0.69) Square Error: 0.024116</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 1.32 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.117 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 12.7 Max Data Value = 15.4 Sample Mean = 13.9 Sample Std Dev = 0.705</p>
<p>19 Operación en Mesa</p>	<p>20 Operación en Maquina Aparadora</p>
<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(14.9, 0.583) Square Error: 0.030022</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 3.61 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.124 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 13.7 Max Data Value = 16.3 Sample Mean = 14.9 Sample Std Dev = 0.595</p>	<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(101, 1.86) Square Error: 0.003257</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 0.261 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.121 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 96.8 Max Data Value = 105 Sample Mean = 101 Sample Std Dev = 1.9</p>
<p>21 Operación en Mesa</p>	<p style="text-align: center;">-</p>

Distribution Summary	
Distribution:	Normal
Expression:	NORM(14.2, 2.02)
Square Error:	0.018884
Chi Square Test	
Number of intervals	= 3
Degrees of freedom	= 0
Test Statistic	= 1.99
Corresponding p-value	< 0.005
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.136
Corresponding p-value	> 0.15
Data Summary	
Number of Data Points	= 25
Min Data Value	= 10.9
Max Data Value	= 19
Sample Mean	= 14.2
Sample Std Dev	= 2.06

Nota: Datos obtenidos de la herramienta Input Analyzer del Software Arena.

Anexo 10

Tabla 63. Resultados del Tipo de Distribución de los Tiempos de las Operaciones del Proceso de Armado

1 Búsqueda de Hormas	2 Dirigirse a Mesa de Trabajo
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #f0f0f0;"> <p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(3.02, 0.0676) Square Error: 0.029404</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 0.683 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.16 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 2.91 Max Data Value = 3.17 Sample Mean = 3.02 Sample Std Dev = 0.069</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #f0f0f0;"> <p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.03, 0.18) Square Error: 0.064000</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 6.8 Corresponding p-value = 0.0354</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.253 Corresponding p-value = 0.0707</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.05 Max Data Value = 0.16 Sample Mean = 0.113 Sample Std Dev = 0.0328</p> </div>
3 Ordenar Hormas	4 Dirigirse a Recortadora de Falsas
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #f0f0f0;"> <p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(3.16, 0.0923) Square Error: 0.020684</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 0.269 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.0763 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 3 Max Data Value = 3.33 Sample Mean = 3.16 Sample Std Dev = 0.0943</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #f0f0f0;"> <p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.04, 0.15) Square Error: 0.022400</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 0.2 Corresponding p-value > 0.75</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.185 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.05 Max Data Value = 0.14 Sample Mean = 0.0964 Sample Std Dev = 0.0266</p> </div>

5	Operación de Cortado	<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(7.93, 0.234) Square Error: 0.021628</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 2 Degrees of freedom = -1 Test Statistic = 1.19 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.166 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 7.56 Max Data Value = 8.75 Sample Mean = 7.93 Sample Std Dev = 0.239</p>	<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.05, 0.17) Square Error: 0.003200</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 4.26e-030 Corresponding p-value > 0.75</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.0933 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.06 Max Data Value = 0.16 Sample Mean = 0.11 Sample Std Dev = 0.0338</p>
7	Operación en Mesa	<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(98.4, 2.05) Square Error: 0.011416</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 0.802 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.121 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 94.6 Max Data Value = 103 Sample Mean = 98.4 Sample Std Dev = 2.1</p>	<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.03, 0.19) Square Error: 0.044800</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 5.57 Corresponding p-value = 0.0653</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.198 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.05 Max Data Value = 0.17 Sample Mean = 0.116 Sample Std Dev = 0.0368</p>
6	Regresa a Mesa de Trabajo	8	Dirigirse al Horno de Secado

9 Operación de Secado	10 Regresa a Mesa de Trabajo
<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(2.06, 0.521) Square Error: 0.011044</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 0.467 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.0719 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 1.02 Max Data Value = 2.91 Sample Mean = 2.06 Sample Std Dev = 0.531</p>	<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.03, 0.19) Square Error: 0.019200</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 0.667 Corresponding p-value = 0.722</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.147 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.05 Max Data Value = 0.17 Sample Mean = 0.108 Sample Std Dev = 0.0352</p>
11 Operación en Mesa	12 Dirigirse al Horno de Secado
<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(35.3, 3.25) Square Error: 0.009460</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 2 Degrees of freedom = -1 Test Statistic = 0.282 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.0957 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 26.6 Max Data Value = 40.4 Sample Mean = 35.3 Sample Std Dev = 3.31</p>	<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.04, 0.19) Square Error: 0.028800</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 2.7 Corresponding p-value = 0.263</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.16 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.06 Max Data Value = 0.17 Sample Mean = 0.115 Sample Std Dev = 0.0319</p>

13 Demora por máquina ocupada	14 Operación de Secado
<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.55, 0.99) Square Error: 0.025600</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 1.2 Corresponding p-value = 0.557</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.119 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.59 Max Data Value = 0.95 Sample Mean = 0.764 Sample Std Dev = 0.116</p>	<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(2.02, 0.575) Square Error: 0.125970</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 2 Degrees of freedom = -1 Test Statistic = 2.23 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.175 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 1.07 Max Data Value = 3.47 Sample Mean = 2.02 Sample Std Dev = 0.587</p>
15 Regresa a Mesa de Trabajo	16 Operación en Mesa
<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.04, 0.16) Square Error: 0.025600</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 0.7 Corresponding p-value = 0.711</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.11 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.05 Max Data Value = 0.15 Sample Mean = 0.098 Sample Std Dev = 0.035</p>	<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(7.87, 3.39) Square Error: 0.030257</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 0.866 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.0866 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 1.64 Max Data Value = 16.6 Sample Mean = 7.87 Sample Std Dev = 3.46</p>

17 Dirigirse a la Cerradora de Punta / Talón

Distribution Summary	
Distribution:	Uniform
Expression:	UNIF(0.07, 0.22)
Square Error:	0.035200
Chi Square Test	
Number of intervals	= 3
Degrees of freedom	= 2
Test Statistic	= 1.17
Corresponding p-value	= 0.568
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.133
Corresponding p-value	> 0.15
Data Summary	
Number of Data Points	= 25
Min Data Value	= 0.09
Max Data Value	= 0.2
Sample Mean	= 0.142
Sample Std Dev	= 0.035

18 Demora por máquina ocupada

Distribution Summary	
Distribution:	Uniform
Expression:	UNIF(1, 6)
Square Error:	0.019200
Chi Square Test	
Number of intervals	= 3
Degrees of freedom	= 2
Test Statistic	= 0.667
Corresponding p-value	= 0.722
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.09
Corresponding p-value	> 0.15
Data Summary	
Number of Data Points	= 25
Min Data Value	= 1.2
Max Data Value	= 5.86
Sample Mean	= 3.39
Sample Std Dev	= 1.46

19 Operación de Armado

Distribution Summary	
Distribution:	Normal
Expression:	NORM(178, 2.66)
Square Error:	0.006414
Chi Square Test	
Number of intervals	= 3
Degrees of freedom	= 0
Test Statistic	= 0.264
Corresponding p-value	< 0.005
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0985
Corresponding p-value	> 0.15
Data Summary	
Number of Data Points	= 25
Min Data Value	= 171
Max Data Value	= 182
Sample Mean	= 178
Sample Std Dev	= 2.72

20 Regresa a Mesa de Trabajo

Distribution Summary	
Distribution:	Uniform
Expression:	UNIF(0.11, 0.3)
Square Error:	0.035200
Chi Square Test	
Number of intervals	= 3
Degrees of freedom	= 2
Test Statistic	= 2
Corresponding p-value	= 0.389
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.131
Corresponding p-value	> 0.15
Data Summary	
Number of Data Points	= 25
Min Data Value	= 0.13
Max Data Value	= 0.28
Sample Mean	= 0.208
Sample Std Dev	= 0.0454

21 Operación en Mesa	22 Dirigirse al Horno de Secado
<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(19.5, 2.04) Square Error: 0.032371</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 2.45 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.109 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 14.5 Max Data Value = 24 Sample Mean = 19.5 Sample Std Dev = 2.08</p>	<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.03, 0.19) Square Error: 0.016000</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 1.97 Corresponding p-value = 0.395</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.175 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.05 Max Data Value = 0.17 Sample Mean = 0.114 Sample Std Dev = 0.0368</p>
23 Demora por máquina ocupada	24 Operación de Secado
<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.08, 0.51) Square Error: 0.032000</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 2.7 Corresponding p-value = 0.263</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.113 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.12 Max Data Value = 0.47 Sample Mean = 0.293 Sample Std Dev = 0.107</p>	<p style="text-align: center;">Distribution Summary</p> <p>Distribution: Normal Expression: NORM(1.99, 0.539) Square Error: 0.051675</p> <p>Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 3.3 Corresponding p-value < 0.005</p> <p>Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.177 Corresponding p-value > 0.15</p> <p style="text-align: center;">Data Summary</p> <p>Number of Data Points = 25 Min Data Value = 1.09 Max Data Value = 2.97 Sample Mean = 1.99 Sample Std Dev = 0.55</p>

25 Regresa a Mesa de Trabajo	26 Operación en Mesa
<pre> Distribution Summary Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.03, 0.19) Square Error: 0.073600 Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 7.57 Corresponding p-value = 0.0235 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.198 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.05 Max Data Value = 0.17 Sample Mean = 0.114 Sample Std Dev = 0.0325 </pre>	<pre> Distribution Summary Distribution: Normal Expression: NORM(28, 0.509) Square Error: 0.004483 Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 0.268 Corresponding p-value < 0.005 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.0968 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 27 Max Data Value = 29 Sample Mean = 28 Sample Std Dev = 0.519 </pre>
27 Dirigirse a la Prensa de Suelas	28 Demora por máquina ocupada
<pre> Distribution Summary Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.06, 0.26) Square Error: 0.076800 Chi Square Test Number of intervals = 4 Degrees of freedom = 3 Test Statistic = 9.8 Corresponding p-value = 0.0216 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.21 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.08 Max Data Value = 0.24 Sample Mean = 0.168 Sample Std Dev = 0.0471 </pre>	<pre> Distribution Summary Distribution: Uniform Expression: UNIF(1.13, 2.54) Square Error: 0.038400 Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 1.47 Corresponding p-value = 0.485 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.19 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 1.25 Max Data Value = 2.42 Sample Mean = 1.78 Sample Std Dev = 0.332 </pre>

29 Operación de Pegado a Presión	30 Regresa a Mesa de Trabajo
<pre> Distribution Summary Distribution: Normal Expression: NORM(8.07, 0.736) Square Error: 0.045174 Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 4.59 Corresponding p-value < 0.005 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.11 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 6.6 Max Data Value = 9.36 Sample Mean = 8.07 Sample Std Dev = 0.751 </pre>	<pre> Distribution Summary Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.12, 0.28) Square Error: 0.028800 Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 0.2 Corresponding p-value > 0.75 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.17 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.14 Max Data Value = 0.26 Sample Mean = 0.204 Sample Std Dev = 0.038 </pre>
31 Operación en Mesa	32 Dirigirse a Cocina Reactivadora
<pre> Distribution Summary Distribution: Normal Expression: NORM(69.7, 2.34) Square Error: 0.047684 Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 1.81 Corresponding p-value < 0.005 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.114 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 65 Max Data Value = 73.5 Sample Mean = 69.7 Sample Std Dev = 2.39 </pre>	<pre> Distribution Summary Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.04, 0.19) Square Error: 0.048000 Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 4.2 Corresponding p-value = 0.133 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.173 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.06 Max Data Value = 0.17 Sample Mean = 0.118 Sample Std Dev = 0.0321 </pre>

33 Demora por máquina ocupada	34 Operación de Reactivado
<pre> Distribution Summary Distribution: Uniform Expression: UNIF(1, 2.52) Square Error: 0.060800 Chi Square Test Number of intervals = 4 Degrees of freedom = 3 Test Statistic = 10.1 Corresponding p-value = 0.0194 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.244 Corresponding p-value = 0.0882 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 1.12 Max Data Value = 2.39 Sample Mean = 1.88 Sample Std Dev = 0.424 </pre>	<pre> Distribution Summary Distribution: Normal Expression: NORM(6.81, 1.1) Square Error: 0.014677 Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 1.33 Corresponding p-value < 0.005 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.119 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 4.37 Max Data Value = 9.56 Sample Mean = 6.81 Sample Std Dev = 1.13 </pre>
35 Regresa a Mesa de Trabajo	36 Operación en Mesa
<pre> Distribution Summary Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.11, 0.3) Square Error: 0.025600 Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 2.5 Corresponding p-value = 0.299 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.126 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.13 Max Data Value = 0.28 Sample Mean = 0.202 Sample Std Dev = 0.0463 </pre>	<pre> Distribution Summary Distribution: Normal Expression: NORM(18.3, 1.79) Square Error: 0.031836 Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 2.97 Corresponding p-value < 0.005 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.103 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 14.4 Max Data Value = 21.1 Sample Mean = 18.3 Sample Std Dev = 1.83 </pre>

37 Dirigirse a Clavadora de Tacos	38 Demora por máquina ocupada
<pre> Distribution Summary Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.03, 0.19) Square Error: 0.016000 Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 1.7 Corresponding p-value = 0.443 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.242 Corresponding p-value = 0.0914 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.05 Max Data Value = 0.17 Sample Mean = 0.122 Sample Std Dev = 0.0386 </pre>	<pre> Distribution Summary Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.38, 2) Square Error: 0.022400 Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 2 Corresponding p-value = 0.389 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.102 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.52 Max Data Value = 1.86 Sample Mean = 1.22 Sample Std Dev = 0.424 </pre>
39 Operación de Clavado	40 Regresa a Mesa de Trabajo
<pre> Distribution Summary Distribution: Normal Expression: NORM(12.3, 0.613) Square Error: 0.012342 Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 0 Test Statistic = 0.49 Corresponding p-value < 0.005 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.135 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 11.1 Max Data Value = 13.8 Sample Mean = 12.3 Sample Std Dev = 0.626 </pre>	<pre> Distribution Summary Distribution: Uniform Expression: UNIF(0.1, 0.3) Square Error: 0.051200 Chi Square Test Number of intervals = 3 Degrees of freedom = 2 Test Statistic = 2.7 Corresponding p-value = 0.263 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.12 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 0.12 Max Data Value = 0.28 Sample Mean = 0.197 Sample Std Dev = 0.0538 </pre>

41 Operación en Mesa	-
<pre> Distribution Summary Distribution: Normal Expression: NORM(119, 4.15) Square Error: 0.023426 Chi Square Test Number of intervals = 2 Degrees of freedom = -1 Test Statistic = 0.698 Corresponding p-value < 0.005 Kolmogorov-Smirnov Test Test Statistic = 0.105 Corresponding p-value > 0.15 Data Summary Number of Data Points = 25 Min Data Value = 113 Max Data Value = 129 Sample Mean = 119 Sample Std Dev = 4.23 </pre>	-

Nota: Datos obtenidos de la herramienta Input Analyzer del Software Arena.

Anexo 11

Decreto Supremo sobre el Incremento del Salario Mínimo en Perú

El Peruano / Jueves 22 de marzo de 2018

NORMAS LEGALES

37

resulta pertinente modificar la Resolución Directoral N° 008-2018-DE-HEVES de fecha 22.01.18, en el sentido de designar a la Ingeniera en Sistemas Oscarely Marollana MANTILLA GUTIERREZ, actual Jefa de Oficina de la Oficina de Gestión de Recursos Humanos del Hospital de Emergencias Villa El Salvador, como funcionaria responsable generadora de información, del Hospital de Emergencias Villa El Salvador;

De conformidad a lo establecido en la Ley N° 27806 Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública; Decreto Supremo N° 043-2003-PCM, que aprueba el Texto Único Ordenado de la Ley; Decreto Supremo N° 072-2003-PCM que aprueba el Reglamento de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública; Decreto Supremo N° 008-2017-SA, que aprueba el ROF del Ministerio de Salud; concomitante con la Resolución Secretarial N°044-2017/MINSA; y en concordancia con el inciso c) del Artículo 10° del Manual de Operaciones (MOP) del Hospital de Emergencias Villa El Salvador, aprobado por Resolución Jefatural N° 381-2016-IGSS de fecha 27.05.16, la misma que faculta al Director Ejecutivo, la atribución y responsabilidad de expedir Resoluciones Directorales en los asuntos de su competencia;

Con las visaciones de la Jefa de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto, el Jefe de la Unidad de Asesoría Jurídica del Hospital de Emergencias Villa El Salvador (HEVES);

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- Modificar la Resolución Directoral N° 008-2018-DE-HEVES de fecha 22.01.18, en el sentido de designar a la Ingeniera en Sistemas Oscarely Marollana MANTILLA GUTIERREZ, actual Jefa de Oficina, de la Oficina de Gestión de Recursos Humanos del Hospital de Emergencias Villa El Salvador, como la funcionaria responsable generadora de información, del Hospital de Emergencias Villa El Salvador; por las consignaciones expuestas en la presente Resolución Directoral.

Artículo Segundo.- Disponer que los Funcionarios y Servidores Públicos designados de acuerdo al marco normativo del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por el Decreto Supremo N° 043-2003-PCM y su Reglamento igualmente aprobado por el Decreto Supremo N° 072-2003-PCM, serán:

• Abog. Silvio César Donayre Campos.
Jefe de la Unidad de Asesoría Jurídica.
RESPONSABLE DE ENTREGAR LA INFORMACIÓN DE ACCESO PÚBLICO.

• Lic. Erika Janet Serván Ventura.
Jefa de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto.
RESPONSABLE DEL PORTAL DE TRANSPARENCIA Y EL SISTEMA DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA.

• RESPONSABLES GENERADORES DE INFORMACIÓN:

Lic. Carlos Alberto Espinoza Ruiz - Jefe de la Oficina de Administración.
Ing Oscarely Marollana MANTILLA GUTIERREZ - Jefa de la Oficina de Gestión de Recursos Humanos.
CPC. Carlos Alberto Escalante Hurtado - Jefe de la Unidad de Economía de la Oficina de Administración.
CPC. Janet Maribel Córdova Gamboa - Jefe de la Unidad de Logística de la Oficina de Administración.

Artículo Tercero.- Disponer que la Unidad de Comunicaciones e Imagen Institucional, proceda a publicar y difundir la presente Resolución Directoral en la página web del Hospital.

Regístrese comuníquese y cúmplase.

CARLOS I. LEÓN GÓMEZ
Dirección Ejecutiva
Hospital de Emergencias Villa El Salvador

1628606-1

TRABAJO Y PROMOCION DEL EMPLEO

Decreto Supremo que incrementa la Remuneración Mínima Vital de los trabajadores sujetos al régimen laboral de la actividad privada

DECRETO SUPREMO
N° 004-2018-TR

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 24 de la Constitución Política del Perú establece que corresponde al Estado la regulación de la remuneración mínima, con participación de las organizaciones representativas de trabajadores y empleadores;

Que, el numeral 7.9 del artículo 7 de la Ley N° 29381, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, establece como función exclusiva de este ministerio el fijar y aplicar los lineamientos de la política de remuneraciones mínimas;

Que, conforme al artículo 89 literal h) del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, aprobado por Decreto Supremo N° 004-2014-TR, corresponde al Consejo Nacional de Trabajo y Promoción del Empleo, participar en la regulación de la remuneración mínima;

Que, en consecuencia, corresponde al Estado, conforme al mandato constitucional y a lo dispuesto por los Convenios 26 y 99 de la Organización Internacional del Trabajo, ratificados por las Resoluciones Legislativas N° 14033 del 4 de abril de 1962 y 13284 del 1 de febrero de 1960, respectivamente, fijar la remuneración mínima de los trabajadores sujetos al régimen laboral de la actividad privada;

Que, el reajuste de la remuneración mínima que se dispone toma en cuenta criterios técnicos para el análisis de los índices de inflación subyacente y productividad, a fin de que el incremento refleje el desempeño económico de nuestro país y contribuya con la mejora sostenida del poder adquisitivo de los trabajadores;

De conformidad con el inciso 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; el inciso 3) del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto de la norma

Incrementar en S/ 80.00 (ochenta y 00/100 Soles) la Remuneración Mínima Vital de los trabajadores sujetos al régimen laboral de la actividad privada, con lo que la Remuneración Mínima Vital pasará de S/ 850.00 (ochocientos cincuenta y 00/100 Soles) a S/ 930.00 (novecientos treinta y 00/100 Soles); incremento que tendrá eficacia a partir del 1 de abril de 2018.

Artículo 2.- Aplicación del incremento a las microempresas

El incremento de la Remuneración Mínima Vital establecido en el artículo anterior se aplica desde el 1 de mayo de 2018 a las microempresas inscritas en el Registro Nacional de la Micro y Pequeña Empresa - REMYPE.

Artículo 3.- Regulación complementaria

El Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, mediante resolución ministerial, dicta las normas que sean necesarias para la mejor aplicación del presente decreto supremo.

Artículo 4.- Refrendo

El presente decreto supremo es refrendado por el Ministro de Trabajo y Promoción del Empleo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintidós días del mes de marzo del año dos mil dieciocho.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JAVIER ALBERTO BARREDA JARA
Ministro de Trabajo y Promoción del Empleo

1629081-2

Fuente: Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo