



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Tema:

**DISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN ORIENTADO A LA
EFICIENCIA OPERATIVA EN LA EMPRESA DE CONFECCIÓN AIDITEX**

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la
obtención del título de Ingeniera Industrial

ÁREA: Producción y Operaciones

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, Materiales, Producción, Identidad,
Sostenibilidad y Tecnologías aplicadas

AUTOR: María José Manobanda Poaquiza

TUTOR: Ing. Daysi Margarita Ortiz Guerrero, Mg.

Ambato - Ecuador

julio – 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: DISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN ORIENTADO A LA EFICIENCIA OPERATIVA EN LA EMPRESA DE CONFECCIÓN AIDITEX, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por la señorita María José Manobanda Poaquiza, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que la estudiante ha sido tutorada durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, julio 2026.



Validar únicamente en FirmaBC.
Firmado electrónicamente por:
**DAYSI MARGARITA
ORTIZ GUERRERO**

Ing. Daysi Margarita Ortiz Guerrero, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: DISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN ORIENTADO A LA EFICIENCIA OPERATIVA EN LA EMPRESA DE CONFECCIÓN AIDITEX es absolutamente original, auténtico y personal y ha observado los preceptos establecidos en la Disposición General Quinta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, julio 2026.



María José Manobanda Poaquiza

C.C. 1805476502

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que reproduzca total o parcialmente este trabajo de titulación dentro de las regulaciones legales e institucionales correspondientes. Además, cedo todos mis derechos de autor a favor de la institución con el propósito de su difusión pública, por lo tanto, autorizo su publicación en el repositorio virtual institucional como un documento disponible para la lectura y uso con fines académicos e investigativos de acuerdo con la Disposición General Cuarta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, julio 2026.



María José Manobanda Poaquiza

C.C. 1805476502

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por la señorita María José Manobanda Poaquiza, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado DISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN ORIENTADO A LA EFICIENCIA OPERATIVA EN LA EMPRESA DE CONFECCIÓN AIDITEX, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con el señor Presidente del Tribunal.

Ambato, julio 2026.



Ing. Franklin Oswaldo Mayorga Mayorga, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Mauricio Xavier López Flores, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR



Ing. Carlos Luis Vargas Guevara, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

*Quiero dedicar mi trabajo primero a **Dios**, por ser mi guía y fortaleza y nunca dejarme sola en todas las adversidades que tuve en mi vida.*

*A mi mamá **Jeannette Poaquiza** por asumir con amor los roles de madre y padre y por ser la mujer más valiente y luchadora que con esfuerzo y dedicación lograron que este escalón en mi vida se haga posible.*

*A mi difunta tía-abuela **Aida** y mi tío-abuelo **Don José**, por su apoyo incondicional y generosidad hacia mi familia cuando más lo necesitábamos.*

*A mi hermano **Santiago** por ser una amena compañía compartiendo conmigo sus locuras, travesuras y bromas. Por ser ese pedacito especial que completo mi vida y a mi abuelita **Rosa** porque con sus consejos y oraciones mi vida siempre estuvo bendecida.*

*Y finalmente a mi **novio, amigos y docentes**, que me acompañaron en mi trayectoria universitaria, cada uno deja una huella en mi corazón que siempre llevaré conmigo.*

María José Manobanda Poaquiza ◦•❁•◦

AGRADECIMIENTO

*Agradecida con **Dios**, por bendecirme siempre y por permitirme terminar esta etapa de mi vida, porque sin él nada sería posible.*

*A mi mami hermosa **Jeannette Poaquiza**, por enseñarme a ser una mujer valiente y luchadora. A pesar de todas las adversidades que ha enfrentado en su vida, siempre ha mantenido la cabeza en alto y ha trabajado con determinación para cumplir sus sueños, demostrándome que no se necesita de nadie para alcanzar metas ni para formar hijos con valores.*

*A mi hermano **Santiago**, por nunca dejarme sola, por compartir risas, aventuras y momentos difíciles, por apoyarme incondicionalmente y por ser siempre mi cómplice en cada etapa de mi vida.*

*A mi abuelita **Rosa** por reprenderme cuando no alcanzaba a comer por ir a la universidad o por amanecerme haciendo deberes y ella al día siguiente cuidándome para que no me resfríe.*

*A mi novio **J.S.** por brindarme su ayuda y amor incondicional, a mis amigos y docentes por aportaron en mi formación académica y personal.*

María José Manobanda Poaquiza °•❁•°

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS	xix
RESUMEN EJECUTIVO	xx
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Tema de investigación.....	1
1.1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Antecedentes investigativos	3
1.3 Fundamentación teórica	5

1.3.1 Diseño de instalaciones industriales.....	5
1.3.2 Factores que influyen en el diseño	6
1.3.3 Distribución en planta	7
1.3.4 Tipos de distribución.....	8
1.3.5 Método SLP	10
1.3.6 Cálculo de superficies según el método Guerchet	12
1.3.7 Criterios para seleccionar el tipo de layout	13
1.3.8 Celdas de Manufactura.....	14
1.3.9 Balanceo combinado	17
1.3.10 Análisis de procesos productivos	19
1.3.11 Estudio de tiempos y movimientos	20
1.3.12 Análisis ABC de productos	22
1.3.13 Eficiencia operativa y productividad	25
1.3.14 Capacidad operativa	25
1.3.15 Tiempo de ciclo.....	25
1.3.16 Cálculo de número de estaciones	26
1.4 Objetivos	26
1.4.1 Objetivo general	26
1.4.2 Objetivos específicos	26
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	27
2.1 Materiales.....	27

2.2 Métodos.....	28
2.2.1 Modalidad de la investigación	28
2.2.2 Población y muestra	30
2.2.3 Recolección de información.....	30
2.2.4 Procesamiento y análisis de datos	32
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
3.1 Descripción de la empresa	33
3.1.1 Estructura organizacional de la empresa.....	35
3.1.2 Línea de productos de la empresa	35
3.2 Formación de familia de productos.....	39
3.2.1 Matriz producto–máquina	40
3.2.2 Eliminación de la cortadora	41
3.2.3 Reordenamiento de filas y columnas	42
3.2.4 Formación de celdas de manufactura.....	42
3.2.5 Ajuste de maquinaria.....	43
3.2.6 Eficiencia de agrupación.....	44
3.3 Análisis ABC de la familia de productos de ropa interior	45
3.4 Selección del producto para el estudio.....	47
3.4.1 Descripción del proceso productivo.....	48
3.5 Estudio de tiempos de las operaciones del proceso	52

3.5.1 Estimar el número de muestras	52
3.5.2 Evaluación del factor de desempeño	54
3.5.3 Determinación del Tiempo Normal	55
3.5.4 Definir los suplementos.....	56
3.5.5 Cálculo del Tiempo Estándar	59
3.6 Cursograma de procesos	60
3.6.1 Cursograma sinóptico.....	60
3.6.2 Cursograma Analítico	62
3.7 Distribución de la planta actual de la empresa	66
3.7.1 Layout actual.....	66
3.7.2 Diagrama de recorrido actual	69
3.7.3 Identificación de problemas en la distribución actual.....	76
3.8 Balanceo de líneas modular	78
3.8.1 Capacidad de Producción por Jornada	79
3.8.2 Restricciones de los Operarios	79
3.8.3 Listado de Operaciones y Tiempos Estándar	80
3.8.4 Minutos Disponibles de Producción	82
3.8.5 Puestos Teóricos de cada Operación.....	84
3.8.6 Asignación de Operarios Reales	86
3.8.7 Utilización de Operarios	88
3.9 Diseño de la nueva distribución de la planta aplicando método SLP	91

3.9.1	Análisis de flujo de materiales	91
3.9.2	Razones de cercanía entre áreas	93
3.9.3	Relaciones entre áreas	94
3.10	Dimensionamiento del espacio mediante el método Guerchet.....	97
3.10.1	Establecer las superficies	97
3.10.2	Cálculo del coeficiente de evolución K	99
3.10.3	Dimensionamiento del espacio	101
3.11	Criterios para el diseño de la distribución propuesta.....	102
3.12	Diseño de alternativas de layout.....	105
3.12.1	Alternativa de layout A	108
3.12.2	Diagrama de recorrido propuesto del Layout A.....	114
3.12.3	Alternativa de layout B	118
3.12.4	Diagrama de recorrido propuesto del Layout B.....	123
3.13	Selección de la distribución de planta ideal	127
3.13.1	Validación técnica de la alternativa seleccionada mediante indicadores operativos	128
3.14	Propuesta de estrategias para mejorar la productividad	135
3.14.1	Organización de recursos productivos y flujo de trabajo.....	136
3.14.2	Reducción de tiempos improductivos e incremento de eficiencia operativa	139
3.14.3	Comparación entre la situación actual y la propuesta	141
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		144

4.1 Conclusiones	144
4.2 Recomendaciones.....	145
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	147
ANEXOS	152

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales.....	27
Tabla 2. Población de estudio	30
Tabla 3. Técnicas y herramientas utilizar	31
Tabla 4. Descripción de la empresa	33
Tabla 5. Línea de productos de ropa interior femenina	36
Tabla 6. Línea de productos de ropa interior masculina	38
Tabla 7. Maquinaria	40
Tabla 8. Matriz producto-máquina	41
Tabla 9. Eliminación de la cortadora	41
Tabla 10. Matriz AOC.....	42
Tabla 11. Celdas de manufactura	43
Tabla 12. Familia de Productos.....	43
Tabla 13. Diagrama ABC de la familia de productos de ropa interior	45
Tabla 14. Proceso productivo del producto SA-001	48
Tabla 15. Proceso productivo de CA-BL-001.....	51
Tabla 16. Factor de Desempeño.....	54
Tabla 17. Suplementos	57
Tabla 18. Cursograma Analítico de SA-001	62
Tabla 19. Cursograma Analítico de CA-BL-001	64
Tabla 20. Representación de líneas de recorrido	69

Tabla 21. Resumen del recorrido actual de los productos representativos	76
Tabla 22. Problemas identificados en la distribución actual de la planta	77
Tabla 23: Datos para el cálculo del balanceo	79
Tabla 24. Restricciones	80
Tabla 25 Operaciones y Maquinaria SA-001	80
Tabla 26. Operaciones y Maquinaria CA-BL-001	81
Tabla 27. Minutos Disponibles de Producción SA-001	83
Tabla 28. Minutos Necesarios de Producción CA-BL-001	83
Tabla 29. Puestos Teóricos SA-001	84
Tabla 30. Puestos Teóricos CA-BL-001	85
Tabla 31. Asignación operarios SA-001	87
Tabla 32. Asignación operarios CA-BL-001	87
Tabla 33. Operarios SA-001	88
Tabla 34. Operarios CA-BL-001.....	88
Tabla 35. Áreas funcionales consideradas en el método SLP.....	92
Tabla 36. Razones de cercanía entre áreas para el análisis SLP	93
Tabla 37. Códigos de proximidad aplicados en el método SLP	94
Tabla 38. Combinaciones de proximidad entre áreas	95
Tabla 39. Superficies consideradas en el método de Guerchet.....	98
Tabla 40. Datos considerados para los elementos móviles en el cálculo de K	100
Tabla 41. Dimensionamiento del espacio mediante el método de Guerchet	101

Tabla 42. Matriz de selección del tipo de distribución	103
Tabla 43. Justificación de la distribución celular para AIDITEX.....	103
Tabla 44. Criterios considerados para el diseño de alternativas de layout.....	106
Tabla 45. Diferencias operativas entre Layout A y Layout B.....	107
Tabla 46. Organización funcional del Layout A	113
Tabla 47. Organización funcional del Layout B	122
Tabla 48. Comparación cuantitativa de recorridos actual y propuesto A	128
Tabla 49. Comparación cuantitativa de recorridos actual y propuesto B	128
Tabla 50. Estimación del tiempo de desplazamiento actual y propuesto.....	129
Tabla 51. Producción adicional diaria.....	130
Tabla 52. Beneficio Económico.....	130
Tabla 53. Escala de evaluación para la selección del layout ideal	131
Tabla 54. Evaluación ponderada de alternativas de layout	131
Tabla 55. Resultado de la selección de la alternativa ideal.....	134
Tabla 56. Relación entre problemas identificados y estrategias propuestas	136
Tabla 57. Acciones para organizar recursos productivos y mejorar el flujo de trabajo	137
Tabla 58. Estrategias para reducir tiempos improductivos e incrementar la eficiencia operativa.....	139
Tabla 59. Comparación técnica entre la situación actual y la propuesta Layout B .	142

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de diseño de instalaciones industriales [33].	6
Figura 2. Ventajas de determinar la capacidad de un proceso [36].	7
Figura 3. Principios de distribución de planta [39].	8
Figura 4. Distribución por células [33].	10
Figura 5. Método SLP.	11
Figura 6. Parámetros de un proceso [50].	19
Figura 7. Diagrama de flujo [32].	20
Figura 8. Organigrama Organizacional.	35
Figura 9. Gráfica ABC de la familia de productos de la empresa AIDITEX.	46
Figura 10. Cursograma Sinóptico de SA-001	60
Figura 11. Cursograma Sinóptico de CA-BL-001	61
Figura 12. Layout actual del primer piso de AIDITEX	67
Figura 13. Layout actual del segundo piso de AIDITEX.	68
Figura 14. Diagrama de Recorrido Segundo Piso de SA-001	70
Figura 15. Diagrama de Recorrido Segundo Piso de CA-BL-001	71
Figura 16. Diagrama de Recorrido Primer Piso de SA-001	73
Figura 17. Diagrama de Recorrido Primer Piso CA-BL-001	74
Figura 18. Alternativas SA-001	90
Figura 19. Alternativas CA-BL-001	90
Figura 20. Secuencia de flujo por familias para el análisis de materiales.	92

Figura 21. Matriz relacional de áreas aplicada al método SLP.....	95
Figura 22. Diagrama relacional inicial de áreas.....	97
Figura 23. SLP Alternativa A Primer Piso.....	109
Figura 24. SLP Alternativa A Segundo Piso.....	110
Figura 25. Propuesta de Layout A-Segunda Planta de AIDITEX	111
Figura 26. Propuesta de Layout A-Primera Planta de AIDITEX.....	112
Figura 27. Diagrama de recorrido Segundo Piso	114
Figura 28. Diagrama de recorrido A Primer Piso de SA-001	116
Figura 29. Comparación cuantitativa de recorridos actual y propuesto B	117
Figura 30. Alternativa B Segundo Piso.....	119
Figura 31. Alternativa B Primer Piso	119
Figura 32. Propuesta de Layout B para la planta alta de AIDITEX	120
Figura 33. Propuesta de Layout B para la planta baja de AIDITEX.....	121
Figura 34. Diagrama de recorrido propuesto de los productos representativos.....	124
Figura 35. Diagrama de recorrido B Primer Piso de SA-001	125
Figura 36. Diagrama de recorrido B Primer Piso de CA-BL-001.....	126
Figura 37. Comparación del puntaje total entre Layout A y Layout B.....	133
Figura 38. Comparación de cumplimiento por criterio entre Layout A y Layout B	134
Figura 39. Organización propuesta de recursos productivos por células.....	138
Figura 40. Relación entre estrategias propuestas y eficiencia operativa.....	141

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Venta y promedio de docenas por año.....	152
Anexo B. Flujogramas	153
Anexo C. Factor de desempeño	155
Anexo D. Suplementos.....	156
Anexo E. Tiempo Estándar	157
Anexo F. Dimensionamiento del espacio.....	162

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación realizada se centra en la optimización de la planta de producción de AIDITEX, empresa de confección de ropa interior, orientada a mejorar la eficiencia operativa y la productividad mediante la reorganización de áreas, balanceo modular y celdas de manufactura. Se realiza un diagnóstico de la estructura organizacional, análisis ABC de productos, estudio de tiempos y movimientos, cursogramas analíticos y diagramas de recorrido para identificar cuellos de botella, recorridos innecesarios y distribución ineficiente de maquinaria y operarios. Como propuesta de mejora, se aplican el método SLP y el método Guerchet para diseñar alternativas de layout con distribución celular, priorizando proximidad funcional, secuencia de operaciones y asignación óptima de recursos, complementadas con estrategias de organización de recursos, estandarización de procesos y reducción de tiempos improductivos. Los resultados evidencian reducción de desplazamientos, mejora del flujo de materiales y disminución de tiempos improductivos, aumentando la eficiencia y competitividad de la empresa. El presente trabajo combina métodos de campo, análisis estadístico y herramientas de planificación industrial, aportando un modelo replicable que integra planificación sistemática y celdas de manufactura, ofreciendo una solución innovadora y práctica para optimizar procesos productivos en empresas textiles de tamaño similar.

Palabras Clave: Eficiencia operativa, distribución celular, balanceo modular, flujo de materiales, análisis ABC.

ABSTRACT

The research focuses on the optimization of the production plant of AIDITEX, an underwear manufacturing company, aimed at improving operational efficiency and productivity through area reorganization, modular line balancing, and manufacturing cells. A diagnosis of the organizational structure, ABC product analysis, time and motion studies, analytical cursograms, and flow diagrams is conducted to identify bottlenecks, unnecessary movements, and inefficient distribution of machinery and operators. As an improvement proposal, the SLP method and Guerchet method are applied to design layout alternatives with cellular distribution, prioritizing functional proximity, operation sequence, and optimal resource allocation, complemented by strategies for resource organization, process standardization, and reduction of non-productive times. The results demonstrate reduced travel distances, improved material flow, and decreased non-productive times, increasing the efficiency and competitiveness of the company. This study combines field methods, statistical analysis, and industrial planning tools, providing a replicable model that integrates systematic planning and manufacturing cells, offering an innovative and practical solution to optimize production processes in similarly sized textile companies.

Keywords: Operational efficiency, cellular layout, modular line balancing, material flow, ABC analysis.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

“DISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN ORIENTADO A LA EFICIENCIA OPERATIVA EN LA EMPRESA DE CONFECCIÓN AIDITEX”

1.1.1 Planteamiento del problema

En Ecuador el sector textil se constituye como uno de los pilares de la industria manufacturera, aportando significativamente a la generación de empleo y a la actividad económica [1]. Según datos del INEC y la Cámara de la Industria Textil, la productividad se ve afectada por altos costos de producción, limitaciones en innovación tecnológica y deficiencias en la organización de procesos dentro de las plantas de confección [2]. A estas problemáticas se suman dificultades relacionadas con el diseño y distribución de instalaciones productivas. Muchas empresas textiles presentan crecimientos desordenados de planta sin planificación, lo cual genera áreas de trabajo mal definidas, recorridos innecesarios de materiales y cuellos de botella que incrementan los tiempos improductivos [3], [4].

Así también, la ubicación inadecuada de maquinaria y estaciones de trabajo influyen en la eficiencia operativa, ocasionando retrasos en la entrega de pedidos y aumento de costos operativos. El desconocimiento o la falta de aplicación de metodologías técnicas de planificación de planta limita la posibilidad de optimizar espacios, flujos de materiales y recursos humanos [3]. Todo esto evidencia que el diseño de instalaciones no solo influye en la productividad interna, sino también en la capacidad competitiva del sector textil ecuatoriano, que necesita mejorar sus procesos para enfrentar la presión de los productos importados y consolidarse en el mercado nacional.

La provincia de Tungurahua se ha consolidado como uno de los principales polos de confección del Ecuador. Diversos reportes indican que la provincia concentra una parte significativa de las empresas textiles del país, ubicándola entre las más relevantes a nivel nacional en número de empresas y volumen de producción [5], [6]. En 2024, las ventas totales de las empresas de confección en Ecuador alcanzaron USD 831.586.322,

de las cuales el 25,58 % correspondió a Tungurahua, lo que confirma su peso dentro del sector[7], este abastece tanto al mercado nacional como a nichos de exportación, y constituye una importante fuente de empleo local, especialmente en micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES) y emprendimientos familiares [8]. Actualmente, en la provincia funcionan más de 800 unidades productivas vinculadas al sector textil y confección, que sostienen miles de empleos directos e indirectos[8].

Pero el problema radica que las empresas de Tungurahua tienen problemas que afectan a su productividad, como microempresas con plantas de producción pequeñas y sin una planificación adecuada de la planta. Así mismos procesos no estandarizados, manuales, inaccesibilidad de maquinaria moderna por la escasez de financiamiento y deficiente distribución de instalaciones productivas. Estas características provocan retrasos, almacenamiento inadecuado y desorden en la planta productiva [7].

Además, la concentración de procesos en espacios pequeños dificulta la implementación de líneas de producción continuas, impidiendo una correcta separación de áreas y limita la posibilidad de escalar producción o mejorar la calidad sistemáticamente [9], [10].

Para sostener y potenciar la posición de Tungurahua como polo textil es evidente la necesidad de medidas de modernización que incluyan: asesoría técnica en diseño de planta y flujo de materiales, inversión en maquinaria y tecnologías de confección, formación técnica para capital humano y mejoras en acceso a financiamiento que permitan aprovechar economías de escala y acceder a mercados externos. Estas recomendaciones están alineadas con las investigaciones académicas y las observaciones de cámaras y organismos provinciales sobre las debilidades productivas locales [7], [8].

La empresa AIDITEX, que se encuentra en la provincia de Tungurahua cantón Ambato, se dedica a la confección de ropa interior. Cuenta con mano de obra experta y con experiencia en la producción, pero enfrenta limitaciones significativas en su planta productiva. El crecimiento sin planificación, teniendo así desubicación de las maquinarias y áreas de trabajo lo que ha provocado contra flujos en los procesos productivos, distancias innecesarias y múltiples mudas que afectan a la productividad

de la empresa. Dentro del ámbito competitivo genera retrasos en las entregas y a su vez disminuye la capacidad de la planta siendo así una empresa menos competitiva.

El análisis realizado evidencia que la limitación de la productividad y la competitividad es el problema central que enfrenta AIDITEX. Entre las causas principales se encuentran la falta de planificación en la distribución de planta y el desconocimiento de metodologías técnicas de diseño industrial aplicadas a la confección textil. Estas deficiencias provocan efectos negativos como el incremento de costos operativos, la pérdida de oportunidades de crecimiento en el mercado y la disminución en la satisfacción de los clientes.

Con lo antes mencionado es necesario una redistribución que permita alcanzar la máxima eficiencia posible de la planta productiva, lo que generará más recursos, más ganancias y a su vez más competitividad. Reduciendo así tiempos muertos y desplazamientos innecesarios.

1.2 Antecedentes investigativos

El diseño de planta en industrias con alta variabilidad, como la confección, se enfrenta al desafío de adaptarse dinámicamente ante cambios de demanda y mezcla de productos. Por ello, modelos de Dynamic Facility Layout han sido desarrollados para incorporar costos de reubicación y flujos interdepartamentales en el diseño del layout [11], [12]. Algunos trabajos recientes muestran cómo técnicas heurísticas híbridas optimizan el reordenamiento de módulos minimizando la distancia de transporte y tiempos de retrabajo [13], [14].

La aplicación de Lean y VSM sigue siendo fundamental para incidir directamente en eficiencia operativa. Estudios demuestran que al implementar mapeo de flujo de valor junto con análisis SLP, se pueden eliminar movimientos innecesarios y reorganizar estaciones de trabajo con mejoras en lead time y OEE [15], [16], [17]. Por ejemplo, una investigación en el contexto industrial evidenció que con ajustes de layout basados en VSM se obtuvo una reducción del 12 % en tiempos de transporte interno [18].

Este diseño de planta tiene que estar íntegramente relacionado con la planificación integrada mediante una planificación de los recursos específicamente para el sector

textil. Módulos de producción, optimización del mercado y agrupación de tejidos que permiten una mejora al ordenar la disposición física de la maquinaria a las necesidades de producción [19], [20], [21]. Estudios latinoamericanos indican que la integración de datos ERP permite sincronizar el flujo entre los procesos de corte y confección, reduciendo el desperdicio de material y retrabajo [20], [22].

En la digitalización y las tecnologías de Industria 4.0 permiten una simulación a tiempo real y verificación de los diseños de planta antes de su ejecución física. Estudios señalan que la modelación digital de una planta productiva permite comparar escenarios, identificar cuellos de botella y analizar posibles fallas o interrupciones productivas [23], [24], [25]. Ciertos estudios demuestran interrelación entre prácticas Lean y tecnologías I4.0, donde la digitalización potencia el despliegue de mejoras continuas [25], [26], [27].

Se complementa con el uso de simulación discreta, optimización y diseño de experimentos (DOE) siendo esencial para evaluar cuantitativamente configuraciones de planta alternativas. Diversos estudios emplean algoritmos metaheurísticos, simulaciones y métodos estadísticos para encontrar layouts que maximizan throughput y minimizan WIP y tiempos de espera [17], [22], [28], [29]. Algunos trabajos más recientes incluso incorporan machine learning para ajustar dinámicamente parámetros del layout basado en datos operativos en tiempo real [14], [30].

Además, investigaciones recientes han profundizado en la sostenibilidad operativa, integrando criterios energéticos y de consumo de recursos al diseño de planta. Por ejemplo, se han desarrollado modelos que optimizan la eficiencia energética del layout mediante técnicas multiobjetivo, acoplando transporte, consumo eléctrico de equipos y minimización de emisiones [12], [24], [25]. También, trabajos en ergonomía y bienestar laboral han sugerido que la disposición de estaciones debe considerar rutas de operarios seguras y flujos de personal para mejorar productividad y reducir riesgo [21], [27].

Se ha observado una tendencia emergente hacia la resiliencia del layout, es decir, diseñar plantas que puedan responder a interrupciones como fallas, paros, cambio de producto, sin pérdidas drásticas de eficiencia. Estudios recientes modelan escenarios de fallo y reconfiguración rápida del layout para mantener niveles operativos

aceptables [29], [30]. Esa capacidad de recuperación es esencial para empresas como Confecciones AIDITEX, que requieren robustez ante la variabilidad del mercado.

1.3 Fundamentación teórica

En la fundamentación teórica del proyecto se analizaron los criterios teóricos necesarios para el sustento de la investigación, comprendiendo de manera ordenada los conceptos y principios vinculados al estudio realizado, mediante la revisión de diversos aportes y fuentes que garantizaron la coherencia de los procedimientos desarrollados.

1.3.1 Diseño de instalaciones industriales

Es un factor clave dentro de cualquier industria productivo porque el correcto diseño permite mejorar las operaciones, dando así una mejora de la producción, disminución de costos, el consumo de energía y las emisiones de carbono [31].

a. Objetivos del diseño

El propósito del diseño de instalaciones es maximizar el rendimiento de la industria con la organización de los recursos empleados en el proceso productivo. Según Fred E. Meyers, todo se centra en la reducción de costos y favorecer a la seguridad laboral, enfocándose no solo en las ganancias a la industria, sino en la seguridad de los operarios [32].

b. Importancia estratégica

En el diseño de instalaciones se genera un impacto estratégico en todos los factores que favorece a una industria como lo es la productividad, la eficiencia y la rentabilidad, Bertha Díaz Garay indica que desarrollar un buen diseño es una decisión que influye a los factores antes mencionados, siendo estos influyentes a largo plazo para la sostenibilidad de la empresa condicionándola a un buen rendimiento en el futuro de la planta en el proceso productivo [33]. Se visualiza un ejemplo de una nueva instalación en una planta productiva en la Figura 1.

anormales para tener el proceso bajo control [35]. Este aspecto es muy importante para la toma de decisiones para la distribución de la maquinaria. En la Figura 2 se observa las ventajas de determinar la capacidad del proceso.

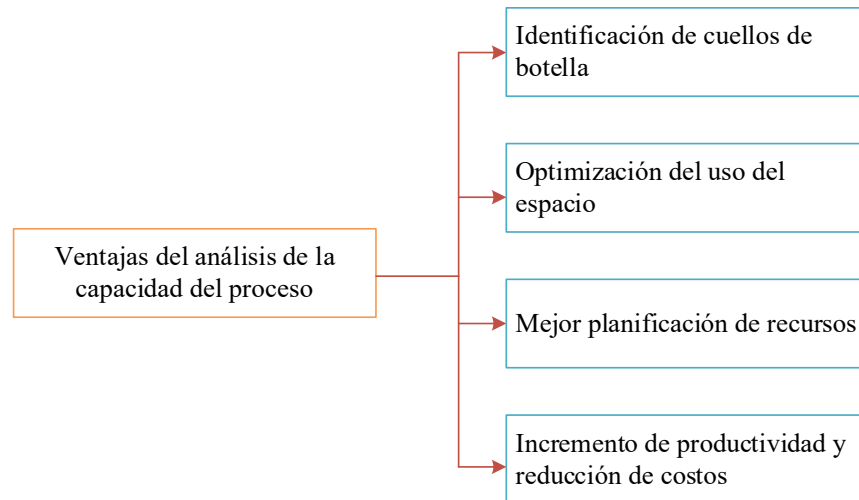


Figura 2. Ventajas de determinar la capacidad de un proceso [36].

d. Recursos Disponibles

Se planifican los recursos físicos, humanos y financieros de manera estratégica para asegurar que la eficiencia en la parte productiva aumente, en el libro “Manual para el diseño de instalaciones manufactureras y de servicios” manifiesta que se detalla el futuro del uso de los recursos, se procura su adaptación al nuevo entorno y distribución de la planta, no solo considera lo actual sino ve la sostenibilidad que se espera de la industria al realizar un cambio en el diseño de sus áreas [33].

1.3.3 Distribución en planta

La distribución del espacio físico en una planta de producción consiste en ubicar las áreas funcionales como producción, almacenamiento, inspección, mantenimiento, etc., de manera que se optimice el uso del suelo, se minimicen los desplazamientos y se reduzcan los tiempos de manipulación de materiales. La zonificación de áreas permite definir flujos de trabajo claros, disminuir interferencias entre actividades y mejorar la visibilidad de los procesos. En el artículo de Pérez-Gosende se revisan 232 artículos sobre planificación de layouts y se concluye que la distribución del espacio es una de las decisiones más importantes en la operación de las empresas, dado su impacto en los costos, la eficiencia y la productividad [37].

a. Objetivos de la distribución

Artículos académicos determinan que el layout de una planta productiva se la relaciona con la competitividad empresarial ya que su función principal es reducir los recorridos y por consiguiente los costos ayudarían a generar más ingresos a la empresa aumentando su valor en el mercado [38].

b. Principios básicos

Se compone de varios principios que permiten la correcta ejecución y asegurar la eficiencia de un sistema de producción [39]. En la Figura 3 observa los principios investigados:

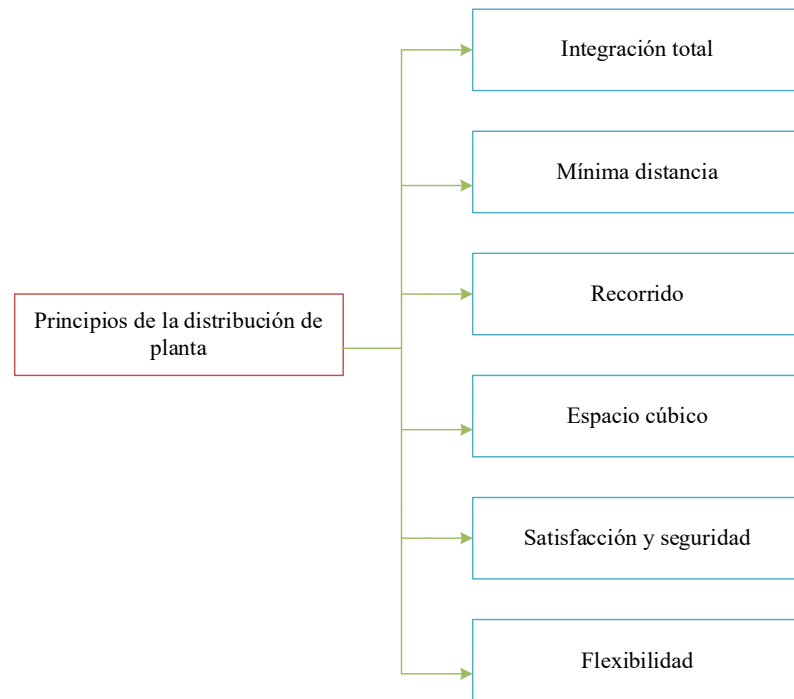


Figura 3. Principios de distribución de planta [39].

1.3.4 Tipos de distribución

Proceso de organizar físicamente la disposición de los recursos de una industria pueden ser; equipos, personas, almacenes, etc. Tendrán un espacio determinado con el objetivo de optimizar el sistema de producción [40].

a. Distribución por proceso

En el libro de Meyers indica que este tipo de distribución ofrece flexibilidad en los procesos productos que se llevan a cabo en las plantas industriales con la desventaja de que genera mayor recorrido aumentando tiempos de transporte [32]. Se la conoce también como layout funcional y forman un conjunto de máquinas según la similitud de las funciones que realizan.

b. Distribución por producto

El producto sigue la secuencia de las operaciones para el ensamblado del producto, hay sistemas de producción en línea o en masa. En Latinoamérica los estudios investigados mejoran la producción balanceando las líneas de producción [41]. El balanceo de línea consiste en igualar la carga de trabajo entre estaciones, de modo que cada operario o estación trabaje al máximo sin generar sobrecarga o tiempos ociosos. El artículo de Sotskov revisó el problema de balanceo de líneas de producción con datos inexactos, mostrando cómo distribuir cargas bajo incertidumbre [42].

c. Distribución celular

Esta distribución es la combinación de la distribución por procesos y la distribución por productos, pero enfocado en las familias de productos que existe en la empresa para conformar una misma célula. El Manual detalla que no solo fortalece habilidades blandas en los operarios como el trabajo en equipo sino también reduce desplazamientos ya que se tiene diferentes máquinas para aplicar la distribución celular en la variedad de productos [33]. La Figura 4 es una planta de ensamble, en ella se visualiza su distribución en células.



Figura 4. Distribución por células [33].

d. Distribución híbrida

Se logra adaptar a cualquier planta de producción donde varía el volumen de productos fabricados, fue creada estratégicamente para que funcione aun si la demanda es cambiante, es decir, responde a los desafíos del mundo industrial actual. Se menciona también que son aplicables más en contextos de grandes empresas con producción flexible y bajo pedido [33].

1.3.5 Método SLP

El Systematic Layout Planning (SLP) es una metodología estructurada para el diseño de la distribución física en plantas industriales, con el objetivo de optimizar el flujo de materiales, reducir desplazamientos innecesarios y mejorar la eficiencia operativa de los procesos productivos. SLP permite organizar los recursos físicos, humanos y tecnológicos de forma lógica y funcional, priorizando la proximidad entre áreas que requieren interacción frecuente y minimizando los recorridos que no agregan valor.

En el estudio realizado [43], una empresa de calzado, se implementó un sistema basado en Lean Manufacturing y SLP, logrando reorganizar las estaciones de trabajo y reducir movimientos innecesarios, optimizando el tiempo de transporte interno y mejorando la productividad general. La metodología aplicada incluyó:

a. Análisis de flujo de materiales y actividades

Identificación de secuencias de operaciones y frecuencia de movimientos entre áreas críticas.

c. Diagrama relacional (carta from-to)

Valoración de la proximidad necesaria entre cada área para priorizar la ubicación de equipos y estaciones de trabajo.

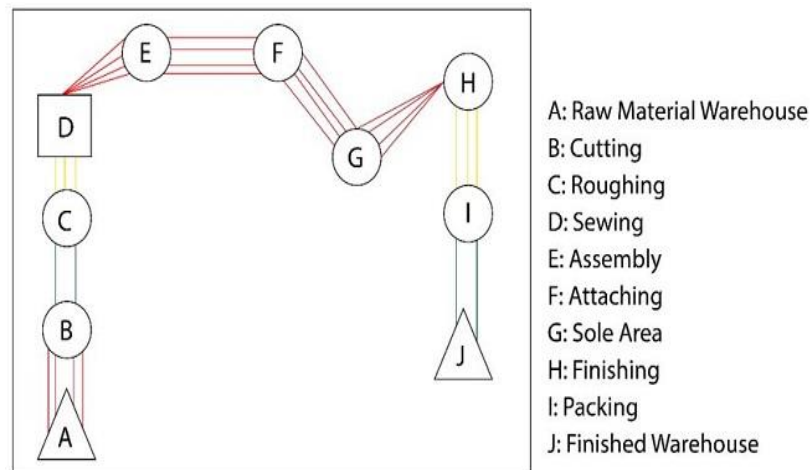


Figura 5. Método SLP

d. Dimensionamiento y selección del layout

Consideración de espacio requerido por maquinaria, estaciones de trabajo y pasillos, adoptando frecuentemente distribución celular, donde se agrupan máquinas y operarios según familias de productos.

e. Evaluación de alternativas de distribución

Comparación de diferentes layouts para seleccionar el que minimiza recorridos, reduce tiempos de ciclo y maximiza la eficiencia operativa del sistema productivo.

Este enfoque evidencia que el SLP, en combinación con Lean Manufacturing, es eficaz para identificar cuellos de botella, reducir desperdicios de tiempo y movimientos, y facilitar una planificación eficiente de la planta, aspectos directamente aplicables al diseño de la planta de AIDITEX para mejorar su eficiencia operativa [43].

1.3.6 Cálculo de superficies según el método Guerchet

En el diseño de la planta de producción, el método Guerchet permite calcular las superficies necesarias para ubicar máquinas, equipos y personal en las celdas de manufactura, considerando espacios fijos y dinámicos. Las fórmulas principales son:

a. Superficie estática (S_s):

Calcula el área ocupada directamente por la máquina o equipo fijo. Su fórmula se representa en la Ecuación 1.

$$S_s = L \times A \quad (1)$$

Donde:

- L = Largo de la máquina/equipo
- A = Ancho de la máquina/equipo

b. Superficie de gravitación (S_g):

Determina el espacio adicional requerido alrededor de la máquina para permitir el movimiento de operarios o transporte de materiales Ecuación 2.

$$S_g = S_s \times N \quad (2)$$

Donde:

- N = Número de lados de la máquina/equipo que se utilizan para desplazamiento

c. Superficie de evolución (S_e):

Ajusta el espacio considerando la variabilidad de la operación o crecimiento futuro de la celda Ecuación 3.

$$S_e = (S_s + S_g) \times K \quad (3)$$

Donde:

- K = Coeficiente de evolución, que depende de la altura de equipos móviles y fijos y condiciones de operación

Superficie total (S_t):

Calcula el área total ocupada por todos los elementos de un tipo dentro de la celda Ecuación 4.

$$S_t = n \cdot (S_s + S_g + S_e) \quad (4)$$

Donde:

- n =Número de elementos (máquinas o equipos) del mismo tipo

d. Superficie estática circular (S_s):

Área ocupada por máquinas o equipos de forma circular (por ejemplo, mesas giratorias o máquinas circulares) Ecuación 5.

$$S_s = \pi r^2 \quad (5)$$

Donde:

- r = Radio de la máquina o área circular

1.3.7 Criterios para seleccionar el tipo de layout

a. Flujo de materiales

La secuencia de operaciones define el orden y la lógica con la que los materiales, semiproductos y componentes atraviesan los diferentes procesos de la planta. Una

secuencia mal planificada puede generar cuellos de botella, acumulación de trabajo en proceso (WIP), esperas innecesarias y pérdidas de capacidad. En el artículo de Sotskov se revisan técnicas de diseño de línea y programación teniendo en cuenta datos imprecisos, lo que permite ver cómo la secuencia de operaciones se integra con el balanceo y la disposición del trabajo [44].

b. Minimización de recorridos

Los recursos ocupados dentro de la planta son indispensables determinar la ubicación de cada uno de ellos para garantizar un rendimiento eficiente del proceso productivo, por el motivo de que se logra reducir las distancias entre las maquinarias y su transporte, la ergonomía es uno de los factores importantes a evaluar para una eficaz producción [45].

c. Seguridad y ergonomía

Realizar una propuesta del diseño de la planta debe considerar el bienestar de los operarios, generando un estudio de la infraestructura como los pasillos haciéndolos amplios, colocando señalización en las zonas que lo requiere para tener zonas seguras en las instalaciones de la empresa. Del estudio de Lira-Flores hacer un correcto diseño pensando en el operario se dispone de seguridad en los recursos y ergonomía para los trabajadores aumentando así la productividad [46].

1.3.8 Celdas de Manufactura

Las celdas de manufactura son unidades de producción donde se agrupan máquinas y operarios para fabricar un conjunto de productos similares o una familia de productos, con el objetivo de optimizar el flujo de trabajo, reducir tiempos de transporte interno y minimizar inventarios intermedios [47]. Este concepto se integra dentro de la filosofía Lean Manufacturing, ya que permite concentrar recursos y operaciones relacionadas en un espacio físico definido, logrando mayor eficiencia operativa y reducción de desperdicios. En plantas como AIDITEX, la implementación de celdas de manufactura permite organizar las estaciones de confección según familias de productos, optimizando la secuencia de operaciones y facilitando el balance de líneas.

El diseño de celdas suele apoyarse en el Algoritmo de Ordenamiento por Categorías (AOC) de King (1980), que organiza máquinas y componentes de manera óptima. El algoritmo comienza asignando un valor ponderado a cada fila, colocando máquina y columna (producto) de la matriz máquina-componente. Posteriormente, ordena iterativamente las filas y columnas hasta lograr una disposición estable. Con esto se busca que los elementos más relacionados queden próximos, reduciendo tiempos muertos y mejorando la productividad. Este procedimiento también permite identificar elementos excepcionales y vacíos dentro de la celda, evaluando así la eficiencia del diseño.

a. Fórmulas utilizadas en el AOC y su función

Función: La Ecuación 6 determina la importancia relativa de cada máquina según la cantidad de operaciones que realiza y su posición en la secuencia, permitiendo ordenar las filas de la matriz.

$$W_i = \sum_{p=1}^m b_{ip} \cdot 2^{(m-p)} \quad (6)$$

Donde:

- W_i = peso decimal de la fila i .
- b_{ip} = valor binario (0 o 1) de la operación en la columna p .
- m = número total de columnas (productos).

- **Peso decimal de la columna (componente)**

Función: Se evalúa la relevancia de cada componente dentro de la celda en la Ecuación 7, asignando un valor que indica su frecuencia de interacción con las máquinas, para ordenar columnas.

$$W_j = \sum_{p=1}^n b_{pj} \cdot 2^{(n-p)} \quad (7)$$

Donde:

- W_j = peso decimal de la columna j .
- b_{pj} = valor binario (0 o 1) de la operación en la fila p .
- n = número total de filas (máquinas).
- *Eficiencia de la celda*

Función: La Ecuación 8 mide qué tan bien está organizada la celda, considerando los elementos excepcionales y vacíos; un valor más cercano a 1 indica mayor eficiencia.

$$\Gamma = \frac{1 - \psi}{1 + \phi} \quad (8)$$

Donde:

- Γ = eficiencia de la celda.
- ψ = proporción de elementos excepcionales, son operaciones fuera de secuencia.
- ϕ = proporción de vacíos dentro de la celda.
- *Proporción de elementos excepcionales*

Función: La Ecuación 9, indica qué porcentaje de operaciones no siguen la secuencia ideal de trabajo dentro de la celda.

$$\psi = \frac{\text{Número de operaciones fuera de secuencia}}{\text{Número total de operaciones}} \quad (9)$$

- *Proporción de vacíos en la celda*

Función: Representa la Ecuación 10 las posiciones desocupadas dentro de la celda, afectando la eficiencia global.

$$\phi = \frac{\text{Número de posiciones vacías}}{\text{Número total de operaciones}} \quad (10)$$

Estas fórmulas permiten cuantificar el desempeño de la celda, identificar operaciones que limitan la eficiencia y definir mejoras en la distribución del trabajo y la ubicación de los equipos.

1.3.9 Balanceo combinado

El balanceo de líneas combinado es una técnica utilizada en la planificación de producción para distribuir las tareas de manera equitativa entre todas las estaciones de trabajo de una línea o celda de manufactura[48]. Su objetivo es minimizar los tiempos ociosos, reducir los cuellos de botella y garantizar que cada estación tenga una carga de trabajo compatible con el tiempo ciclo de producción. Esta metodología es especialmente útil en plantas con alta variedad de productos y operaciones interdependientes, como las de confección de AIDITEX, donde ciertas estaciones pueden saturarse mientras otras permanecen subutilizadas.

El enfoque combinado integra tanto el balanceo clásico por estaciones como la consideración de múltiples productos o familias de productos dentro de la misma línea. Para ello, se analizan los tiempos estándar de cada operación y se ajustan las asignaciones de tareas para mantener la eficiencia global de la celda. Esta técnica permite que las líneas de producción sean flexibles frente a variaciones en la demanda y que se optimice la utilización de los recursos sin afectar la secuencia productiva.

El balanceo de líneas combinado se puede representar mediante indicadores como:

- Tiempo de ciclo: Tiempo promedio que debe completarse en cada estación para cumplir con la demanda.
- Eficiencia de línea: Relación entre el tiempo total de operaciones y el tiempo total disponible, mostrando el aprovechamiento de cada estación.
- Tiempo ocioso por estación: Diferencia entre el tiempo de ciclo y el tiempo efectivo de trabajo asignado.

a. Cálculo del número de operarios o estaciones

En el diseño de la planta de producción, es fundamental determinar cuántos operarios o estaciones de trabajo se necesitan para cumplir con la demanda de producción, considerando los tiempos de operación y el rendimiento de los trabajadores. Para ello se utilizan las siguientes fórmulas:

- **Número de operarios o estaciones (N_e):**

Permite calcular el número de operarios o estaciones necesarias para cubrir la carga de trabajo de una operación específica (Ecuación 11).

$$N_e = \frac{CT}{T_d} \quad (11)$$

Donde:

- CT =Carga de trabajo total de la operación
- T_d =Tiempo disponible para realizar la operación por cada operario o estación

- **Carga total de la operación (CT):**

Determina el tiempo total requerido para producir todas las unidades de un producto o lote en la Ecuación 12.

$$CT = UE_t \times T_f \quad (12)$$

Donde:

- UE_t = Unidades a producir en el periodo considerado
- T_f = Tiempo estándar de fabricación por unidad

Estas herramientas permiten evaluar y ajustar la distribución de tareas, reduciendo la posibilidad de cuellos de botella y asegurando que la celda de manufactura opere de forma equilibrada y eficiente [48].

1.3.10 Análisis de procesos productivos

Consiste en una serie de operaciones tales como; mecánicas, físicas y eléctricas. Tienen como objetivo fabricar un producto [49]. Véase en Figura 6 los parámetros a evaluar dentro de un proceso industrial.

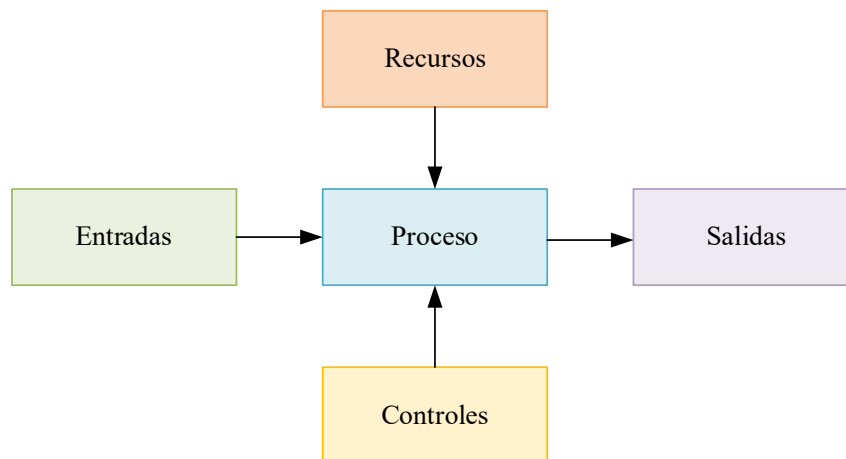


Figura 6. Parámetros de un proceso [50].

a. Herramientas de análisis de procesos

Se utilizan diagramas para cada uno de los procesos determinando así el flujo de actividades que conlleva cada uno. Los diagramas más utilizados son el diagrama de proceso, diagrama de flujo y el diagrama de recorrido, siendo estas herramientas esenciales para entender que recursos y elementos intervienen en el ensamblado de

algún producto. Según Meyers, un análisis visual es importante para conocer las distancias recorridas, cuellos de botellas, movimientos innecesarios para así dar una solución coherente a la realidad de la empresa [32].

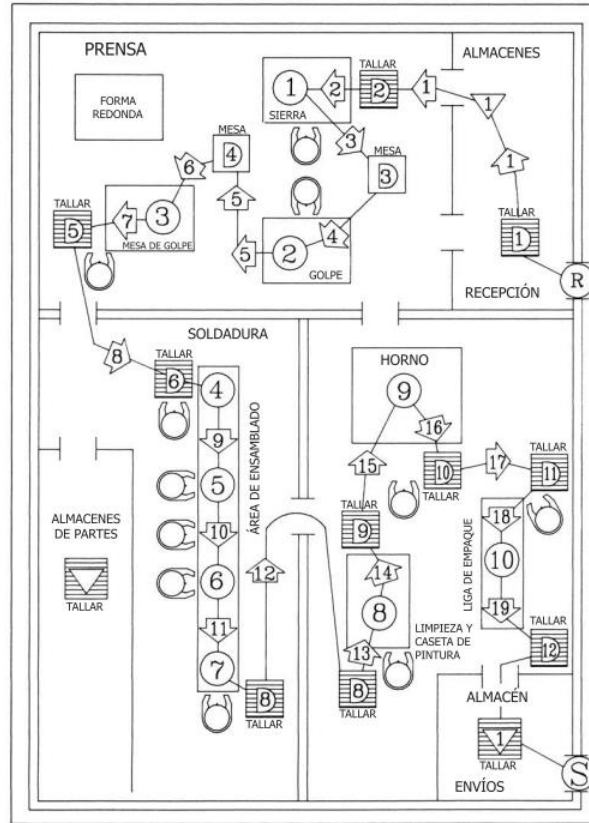


Figura 7. Diagrama de flujo [32].

1.3.11 Estudio de tiempos y movimientos

Consiste en una técnica de medición del trabajo que se emplea para registrar tiempos y los intervalos de trabajo de una tarea definida, la cual se realiza en condiciones estándares con el objetivo de analizar el tiempo requerido de la tarea [51].

a. *Tiempo ciclo promedio*

Se define como la suma de todos los tiempos elementales divididos entre el número de observaciones que se hicieron durante el ciclo, se observa en la Ecuación 13.

$$TC = \frac{\sum \text{Tiempos elementales registrados}}{\# \text{ de ciclos observados}} \quad (13)$$

b. Tiempo normal

Es el tiempo que se requiere para que un operario estándar realice una operación cuando trabaja a paso estándar, sin demoras por razones personales o por circunstancias inevitables la fórmula se observa en la Ecuación 14.

$$TN = \bar{T} \times (1 + Fd) \quad (14)$$

Donde:

- $\bar{T}$ = Tiempo de promedio
- Fd = Factor de desempeño

c. Tiempo estándar

Es aquella suma del tiempo normal, más ciertas permisibilidades para necesidades personales como descansos para ir al baño o tomar café, demoras inevitables como descomposturas del equipo o falta de materiales y fatiga del trabajador siendo esta física o mental se detalla en la Ecuación 15.

$$TE = TN \cdot (1 + \text{Suplementos}) \quad (15)$$

Donde

- TE = Tiempo Estándar
- TN = Tiempo Normal
- ***Número de muestras***

En los estudios de tiempos y medición del trabajo, es fundamental determinar un número adecuado de observaciones para garantizar que los resultados sean representativos y confiables. Cuando se busca precisión estadística en la estimación del tiempo promedio de una operación, se utiliza la siguiente fórmula (Ecuación 16):

$$N = \left(\frac{t \cdot S}{k \cdot \bar{x}} \right)^2 \quad (16)$$

Donde:

- **N**= Número mínimo de observaciones necesarias.
- **t**= Valor crítico de la distribución t de Student para un nivel de confianza determinado y $n - 1$ grados de libertad, obtenido de tablas estadísticas.
- **S**= Desviación estándar de las mediciones preliminares de la operación, que representa la variabilidad natural del proceso.
- $\bar{x}$ = Promedio de las observaciones preliminares, es decir, el tiempo promedio estimado de la operación.
- **k**= Precisión relativa deseada, definida por el investigador. En este caso se consideró $k = 0.1$, lo que significa que se desea que el tiempo promedio estimado tenga un error máximo de $\pm 10\%$ respecto al valor real.

El uso de esta fórmula permite calcular un tamaño de muestra que refleje adecuadamente tanto la variabilidad del proceso como la tolerancia relativa deseada, asegurando que el tiempo promedio y, posteriormente, el Tiempo Normal sean representativos y confiables.

1.3.12 Análisis ABC de productos

El Análisis ABC de productos es una técnica que clasifica los productos de una empresa según su importancia económica o su aporte al volumen de ventas, con el objetivo de priorizar la gestión de inventarios y la asignación de recursos [52]. Basado en el Principio de Pareto, este método identifica un pequeño grupo de productos que generan la mayor parte del valor, permitiendo enfocar esfuerzos en aquellos que más impactan la eficiencia y la rentabilidad de la planta. En AIDITEX, el análisis ABC es esencial para determinar qué familias de productos deben recibir mayor atención en la producción y planificación, optimizando recursos y tiempos de trabajo en las celdas de manufactura.

El procedimiento consiste en calcular el porcentaje que representa cada producto sobre el total de ventas o ingresos y, a partir de estos valores, determinar su categoría:

Clase A: Productos de alto valor y prioridad.

Clase B: Productos de valor medio.

Clase C: Productos de bajo valor.

Esta clasificación permite a la empresa asignar recursos de manera estratégica, planificar el flujo de materiales y organizar la producción de manera que se maximice la eficiencia operativa y se reduzcan tiempos improductivos.

a. Fórmulas utilizadas en el Análisis ABC

- **Porcentaje de participación de un producto i:**

Función: Calcula la contribución de cada producto sobre el total de ventas o ingresos, fundamental para determinar su relevancia (Ecuación 17).

$$P_i = \frac{V_i}{\sum_{j=1}^n V_j} \times 100 \quad (17)$$

Donde:

- P_i = Porcentaje de participación del producto i respecto al total de ventas o ingresos.
- V_i = Valor de ventas o ingresos del producto i.
- n = Número total de productos considerados en el análisis.
- $\sum_{j=1}^n V_j$ = Suma de los valores de todos los productos. Representa el total de ingresos o ventas.

- **Porcentaje acumulado:**

Función: Mide la contribución acumulada hasta el producto i , permitiendo asignar las categorías A, B o C (Ecuación 18).

$$PA_i = \sum_{k=1}^i P_k \quad (18)$$

Donde:

- PA_i = Porcentaje acumulado hasta el producto i .
- P_k = Porcentaje de participación de cada producto k , ordenado de mayor a menor.
- i = Índice del producto en la lista ordenada.

- **Criterio de clasificación:**

Función: Define a qué categoría pertenece cada producto según su participación acumulada.

Clase A: $PA_i \leq 70\% - 80\%$

Clase B: $PA_i \approx 15\% - 25\%$

Clase C: $PA_i \approx 5\% - 10\%$

Los resultados de este análisis permiten identificar qué productos deben gestionarse con mayor control, establecer políticas de inventario diferenciadas y optimizar la asignación de recursos dentro de las líneas de producción. Además, al integrar esta información con el flujo de trabajo y las celdas de manufactura, es posible diseñar un sistema productivo más eficiente y reducir tiempos improductivos, aumentando la competitividad y rentabilidad de la empresa.

1.3.13 Eficiencia operativa y productividad

La productividad se refiere al output, por ejemplo, número de prendas por hora que un trabajador o equipo logra. El rendimiento depende de la habilidad del operario, del diseño del puesto, del entorno, de la capacitación, de la motivación y de los recursos disponibles. En el estudio de M. Ewnetu y Y. Gzate, se aplican herramientas lean, estandarización y estudio de tiempos para aumentar la productividad, reduciendo actividades que no añaden valor de 43 % a 5 % e incrementando producción diaria significativamente [53].

1.3.14 Capacidad operativa

Es el rendimiento máximo de una instalación de producción, estimado en productos terminados durante un periodo de tiempo determinado. Su fórmula se observa en la Ecuación 19 que incluye el tiempo disponible y el tiempo cuello de botella. Es importante que ambos tengan las mismas unidades ya sea en minutos, horas o segundos.

$$C_p = \frac{\textit{Tiempo disponible}}{\textit{Tiempo cuello de botella}} \quad (19)$$

1.3.15 Tiempo de ciclo

Es el tiempo total que tarda un proceso en completar una unidad o actividad, desde que inicia hasta que termina. Se observa la ecuación 20 que analiza las unidades a producir en un tiempo determinado.

$$T_c = \frac{\textit{Tiempo disponible}}{\textit{Unidades producidas por día}} \quad (20)$$

1.3.16 Cálculo de número de estaciones

El cálculo del número de estaciones sirve para determinar cuántos puestos de trabajo se necesitan para cumplir con una demanda. En la Ecuación 21 se observa la relación con el tiempo de ciclo de las actividades y el de la familia.

$$N_t = \frac{\sum T_c \text{ de las operaciones}}{T_c \text{ de la familia}} \quad (21)$$

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar la planta de producción orientada a la eficiencia operativa en la empresa de confección AIDITEX para la reducción de tiempos de proceso y mejora en la productividad.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar los procesos que se llevan a cabo en la confección de ropa interior en la empresa AIDITEX para la identificación de cuellos de botella y oportunidades de mejora.
- Plantear un nuevo diseño de las instalaciones optimizando la distribución de los recursos y reduciendo tiempos de desplazamiento para el aumento en su eficiencia operativa.
- Proponer estrategias para la organización de recursos y el flujo de trabajo, orientadas a mejorar la productividad.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

En la realización del presente trabajo se utilizaron los siguientes insumos mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Materiales

Nº	Material	Descripción	Imagen
1	Microsoft Word	Herramienta empleada para la redacción del documento de tesis.	
2	Microsoft Excel	Software utilizado para cálculos, análisis de datos, indicadores.	
3	Computadora	Equipo necesario para la ejecución de softwares y desarrollo general de la investigación.	
4	Flexómetro	Elemento vital para realizar la medición de la infraestructura de la empresa.	
5	AutoCAD	Programa de diseño asistido por computadora para el levantamiento del layout actual y el diseño de la nueva distribución.	
6	Bizagi Modeler	Software de modelado de procesos utilizado para diagramar los procesos productivos.	
7	Repositorio Académico	Fuente digital utilizada para la búsqueda de artículos científicos, tesis y documentos relacionados con el tema a tratar.	

N°	Material	Descripción	Imagen
8	Visio	Software utilizado para la elaboración de diagramas de flujo, organigramas y esquemas de procesos.	
9	Adobe Illustrator	Programa de diseño gráfico empleado para la creación de ilustraciones, gráficos y elementos visuales del proyecto.	
10	Lucidchart	Herramienta digital de diagramación y modelado de procesos, utilizada para representar flujos de trabajo y relaciones entre actividades.	

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de la investigación

Investigación aplicada

La investigación se compuso de un enfoque aplicado, con el objetivo de resolver el problema de la empresa AIDITEX como la ineficiencia operativa en la distribución de la planta de producción. Principios como diseño de plantas, análisis de proceso y optimización de flujos de trabajo tuvieron el fin de proponer una distribución que mejoró la disposición de la maquinaria, las áreas y el recorrido del producto.

Investigación bibliográfica documental

En la investigación bibliográfica, la búsqueda de información relacionada al proyecto se la realizó en base de datos como Taylor & Francis y Redalyc mediante cadenas de búsquedas sobre distribución de plantas como su principal mención, seguido de productividad, diseño de plantas y a la eficiencia operativa en la industria textil. Se obtuvo 75 artículos científicos, con la información preliminar antes de delimitarlo al emplear criterios de inclusión y exclusión de acuerdo con la metodología Fink.

En cuanto a los criterios de inclusión la presente investigación incluyó principalmente artículos científicos, estudios e investigaciones publicados desde el año 2015 en adelante, con el propósito de garantizar la actualidad y relevancia de la información analizada. No obstante, también se consideraron algunas fuentes de años anteriores debido a su importancia y aporte significativo al desarrollo teórico y conceptual del tema de estudio. Además, se priorizó que las investigaciones aporten significativamente al tema del proyecto y que posean disponibilidad de acceso.

Por otro lado, los criterios de exclusión descartan los documentos duplicados para no redundar en el análisis. También se eliminaron investigaciones en idiomas distintos al inglés y español para un mejor entendimiento. Se excluyeron un total de 22 artículos que cumplían estas pautas de exclusión y se obtuvo una población final de 53 artículos científicos que constituyen una base sólida para un análisis teórico y metodológico.

Investigación de campo

El proyecto se implementó en las instalaciones de la empresa AIDITEX, por ello se planificó el levantamiento de información para un análisis en el diseño de su planta y de sus procesos por medio de un estudio de tiempos, flujo de materiales, productividad, entre otros. Además, se realizó la medición de los espacios físicos de la planta productiva textil para analizar la distribución que correspondió a su situación actual, se corrigió ineficiencias operativas logrando una mayor productividad siendo este el objetivo principal del proyecto de investigación.

Seguidamente, se relacionó el espacio disponible con las máquinas y sus operarios para el ensamblado del producto, generando así una propuesta favorable de una distribución de plantas en la eficiencia operativa, el diseño se validó considerando criterios técnicos. La propuesta será validada mediante la comparación de la distribución actual y la distribución propuesta, considerando la reducción de tiempos de desplazamiento, la optimización del espacio disponible y la mejora de la eficiencia operativa en la empresa AIDITEX.

2.2.2 Población y muestra

Población

La población estuvo constituida por los elementos involucrados en el proceso productivo como el personal operativo, las máquinas y equipos disponibles y los procesos actuales que se llevan a cabo en la confección de ropa interior.

Tabla 2. Población de estudio

Áreas	Operarios	Maquinaria/Equipos
Gerencia	1	0
Corte	1	1
Estampe	1	2
Confección	4	7
Empaque	1	1
Almacenamiento	1	0
TOTAL	9	11

Muestra

No se aplicó un muestreo, ya que la población es de tipo finita, se conoció exactamente el número de trabajadores y equipos que intervienen en el proceso, por lo que se trabajó con la totalidad de los sujetos de estudio en conformidad con los criterios de la metodología de investigación.

2.2.3 Recolección de información

Para la recolección de información se utilizaron las técnicas y herramientas presentadas en la Tabla 3.

Tabla 3. Técnicas y herramientas utilizar

Objetivos específicos	Variable	Indicador	Técnica	Herramienta / Instrumento
Analizar los procesos que se llevan a cabo en la confección de ropa interior en la empresa AIDITEX para la identificación de cuellos de botella y oportunidades de mejora.	Procesos Productivos	Tiempo de ciclo de las operaciones (min)	Observación directa y estudio de tiempos	Cronómetro y hoja de registro de tiempos
		Tiempo estándar de las operaciones (min)	Estudio de tiempos	Formato de estudio de tiempos
		Capacidad operativa (unidades/día)	Análisis de datos productivos	Registros de producción
		Operación cuello de botella identificada	Análisis de procesos	Cursograma analítico y diagrama de flujo
		Productos representativos de mayor demanda	Análisis ABC	Registros históricos de ventas y Excel
Plantear un nuevo diseño de las instalaciones optimizando la distribución de los recursos y reduciendo tiempos de desplazamiento para el aumento en su eficiencia operativa.	Diseño de planta.	Distancia recorrida por el producto (m)	Diagrama de recorrido	Plano de planta y AutoCAD
		Número de cruces o contraflujos detectados	Observación y análisis de layout	Diagrama de recorrido
		Área requerida para maquinaria y estaciones (m ²)	Método Guerchet	Fichas de medición y Excel
		Relación de cercanía entre áreas	Método SLP	Matriz relacional de actividades
		Alternativa de layout seleccionada	Evaluación multicriterio	Matriz de evaluación SLP
Proponer estrategias para la organización de recursos y el flujo de trabajo, orientadas a	Eficiencia Operativa	Número de células de manufactura definidas	Análisis de agrupamiento	Matriz producto-máquina
		Eficiencia de la celda (%)	Algoritmo de Ordenamiento por Categorías (AOC)	Matriz máquina-componente

Objetivos específicos	Variable	Indicador	Técnica	Herramienta / Instrumento
mejorar la productividad.		Estaciones requeridas	Balanceo combinado	Hoja de cálculo
		Reducción de recorridos (%)	Comparación actual vs propuesta	Diagramas de recorrido
		Reducción de tiempos improductivos (%)	Análisis comparativo	Estudio de tiempos y movimientos

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

Para el tratamiento de la información recolectada, los registros se organizaron conforme a los objetivos planteados, lo que permitió estructurar los resultados mediante herramientas y técnicas específicas. En primera instancia, se consolidó la información obtenida mediante observación directa, mediciones de áreas, inventario de maquinaria y entrevistas realizadas al personal operativo y administrativo de AIDITEX, recopilándola en una base de datos. Se ejecutó un proceso de depuración para corregir inconsistencias, normalizar unidades de medida y codificar los elementos clave, tales como estaciones de trabajo, equipos, distancias recorridas y secuencias del proceso productivo.

Se procesaron tablas de tiempos, distancias y capacidades mediante hojas de cálculo, donde se calcularon promedios, desviaciones estándar y coeficientes de variación, con el objetivo de identificar cuellos de botella, evaluar la distribución actual del espacio y determinar la utilización real de recursos. Este análisis permitió fundamentar de manera técnica la propuesta de distribución de planta orientada a mejorar la eficiencia operativa de AIDITEX.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Descripción de la empresa

Confecciones AIDITEX es una empresa ambateña dedicada a la producción de ropa interior para dama, caballero, niña y niño. La organización ha desarrollado sus actividades durante más de diez años dentro del sector textil, bajo la dirección de su propietaria, la señora Jeannette Poaquiza. A lo largo de su trayectoria, la empresa ha logrado consolidarse a nivel nacional al comercializar sus productos a ciudades como Guayaquil, Machala, Quevedo, Durán, Riobamba, entre otros; sin embargo, el crecimiento progresivo de la producción y diversificación de sus procesos se han limitado en la distribución de la planta y la organización de los recursos productivos. En la Tabla 4 se presenta una descripción general de la empresa, junto con sus datos más relevantes.

Tabla 4. Descripción de la empresa

Información de la empresa		
Nombre Comercial	CONFECCIONES AIDITEX	
Logo de la empresa		
Gerente General	Sra. Jeannette Poaquiza	
Marcas	MAJIS'S	SATOS'S
		
RUC	1803144953001	
Teléfono	+593 99 930 5255	
Correo electrónico	aiditex2013@gmail.com	
Inicia de actividades	13/02/2013	
Actividad económica	Fabricación de ropa interior de mujer, hombre, niño y niña.	

Información de la empresa	
Tarjeta de presentación	
	
Misión	Somos una empresa dedicada a la confección de ropa interior, orientada a ofrecer productos de calidad mediante procesos productivos eficientes y organizados. En AIDITEX trabajamos con enfoque en la mejora continua, el desarrollo de nuestro talento humano y el uso responsable de los recursos.
Visión	Ser una empresa de confección reconocida a nivel nacional por la eficiencia de sus procesos, la calidad de sus prendas y la responsabilidad con su equipo de trabajo. Buscamos consolidarnos como una organización competitiva y sostenible, capaz de adaptarse a las exigencias del mercado y continuar con la mejora de su desempeño productivo.
Ubicación	
<p>Ciudad: Ambato Parroquia: Santa Rosa Barrio: Miñarica Bajo, alado de las canchas del barrio.</p>	

3.1.1 Estructura organizacional de la empresa

En la Figura 8 se observa la jerarquía de las funciones de la empresa Confecciones AIDITEX, permitiendo visualizar de manera estructurada la organización interna de la empresa, sus responsables y la relación existente entre cada uno de ellos.

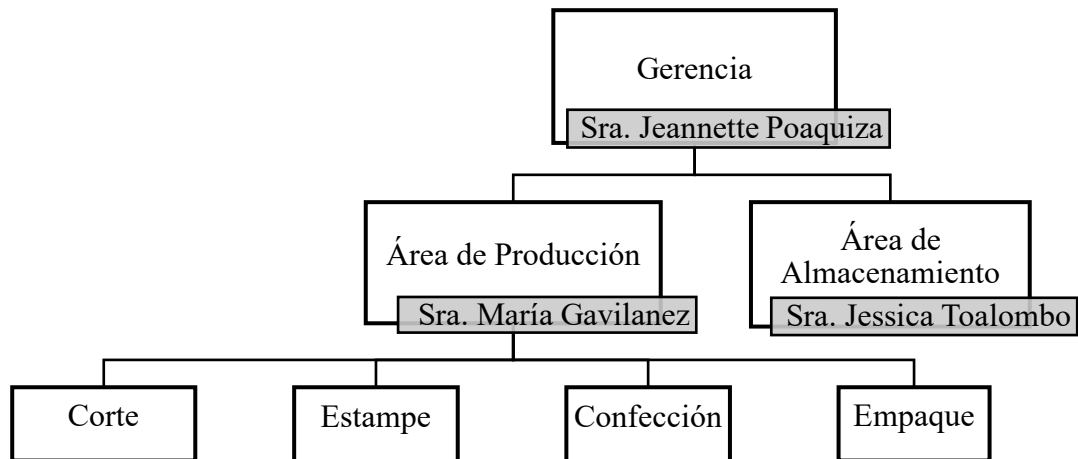


Figura 8. Organigrama Organizacional

La estructuración de la empresa nos permitió identificar todas las áreas directamente involucradas con las operaciones de manufactura y a las personas responsables que facilitaron la información relevante para el desarrollo del proyecto, permitiendo comprender el funcionamiento actual de la planta, además de detectar las inefficiencias en su organización para proponer propuestas de mejora orientada a la eficiencia operativa.

3.1.2 Línea de productos de la empresa

La empresa AIDITEX cuenta con dos marcas comerciales que abastecen a diferentes segmentos del mercado nacional: MAJIS'S orientada a la confección y venta de la línea de ropa interior femenina y SATOS'S correspondiente a la línea de ropa interior masculina. Estas prendas están diseñadas con el propósito de satisfacer las necesidades del mercado ecuatoriano brindando comodidad, calidad y salud.

a. Línea de productos de ropa interior femenina

En la Tabla 5 se presentan los productos ofertados por la empresa con su marca MAJIS'S, cada uno de los modelos exhibidos cuentan con su código e imagen facilitando así su reconocimiento y clasificación.

Tabla 5. Línea de productos de ropa interior femenina

Línea de ropa interior femenina		
Marca: MAJIS'S	Código	
Señorial adulta	SA-001	
Tanga	CA-BL-001	
Semitanga	CA-FU-001	

Línea de ropa interior femenina			
Semitanga estampada	CA-MO-001		
Señorial niña	SN-001		
Interior niña estampado	CN-ROS-001		
Short	SHORT.004		

Se evidenció las prendas que conforman la línea de ropa interior femenina, demostrando la diversidad de modelos, estilos y características del producto. Por lo tanto, el análisis estableció una base para el diseño de la nueva planta orientado en la eficiencia operativa en AIDITEX.

b. Línea de productos de ropa interior masculina

La marca SATOS'S posee varios productos a ofertar en la línea de ropa interior masculina, considerando la comodidad de los clientes tanto de adultos como niños y la funcionalidad de cada modelo adaptándose a diferentes estilos y necesidades. La información se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Línea de productos de ropa interior masculina

Línea de ropa interior masculina		
Marca: SATOS'S	Código	
Bóxer Adulto	BA-002	
Calzoncillo	CA-CAL-002	
Bóxer Niño	BN-002	

A partir de la información presentada, se evidencia los productos masculinos, caracterizándose por mostrar diferencias en el diseño, materiales y acabados, asimismo influye en la complejidad de los procesos y en la organización de sus recursos, por lo tanto, al interpretar estas características se determinó que una optimización de la distribución de plantas es necesario para la mejora de la eficiencia y reducción de los tiempos de proceso en la empresa.

c. Prendas no aplicables en el estudio

Le empresa destina algunos de sus productos a maquilas, debido a las limitaciones en su capacidad operativa al no contar con personal suficiente y por la falta de maquinaria.

Los productos que se envían a procesos externos son los siguientes:

- Boxer Adulto (BA-002)
- Bóxer Niño (BN-002)
- Short (SHORT.004)

La subcontratación les permite garantizar la continuidad de la producción, es decir, cumplir con los tiempos de entrega establecidos por los clientes, de igual manera mantienen la calidad y optimizan en recursos que no se utilizan constantemente, facilitando la adaptación a las variaciones de demanda del mercado.

En consecuencia, los productos mencionados no fueron considerados dentro del estudio, puesto que no forman parte del sistema productivo interno de la empresa. Esto se debe a que su elaboración no implica el uso de recursos como maquinaria, mano de obra ni espacios en la distribución de la planta, lo que permitió reflejar las condiciones reales de la empresa.

3.2 Formación de familia de productos

Al establecer la familia de productos que la empresa ofrece se conformó mediante el análisis de similitud entre rutas de fabricación, identificando aquellos productos que comparten operaciones y máquinas dentro del proceso productivo. Para ello, se utilizó la matriz producto-máquina, donde se representó la relación entre cada referencia y

las estaciones de trabajo involucradas en su fabricación. Este análisis permitió agrupar productos con características de manufactura similares, facilitando la aplicación de celdas de manufactura.

En la Tabla 7 se presentan las máquinas utilizadas en los distintos procesos productivos, así como la cantidad disponible de cada una de ellas.

Tabla 7. Maquinaria

Maquinaria		Cantidad
M1	Cortadora	1
M2	Estampadora	1
M3	Pulpo Serigráfico	1
M4	Overlock	4
M5	Elasticadora Pierna	2
M6	Sesgadora	1
M7	Elasticadora Cintura	1
M8	Atracadora	1
M9	Recta	1
M10	Recubridora Plana	2
M11	Recubridora Codo	2
M12	Horno	1

Con el fin de facilitar el flujo de trabajo y organizar los productos en función de su similitud en el proceso de fabricación, se desarrolló un criterio de agrupación que tiene en cuenta la variedad de productos fabricados y sus diferentes maquinarias.

3.2.1 Matriz producto–máquina

En la Tabla 8 se presenta la matriz producto–máquina, la cual permitió visualizar la interacción entre los productos y las diferentes máquinas del sistema de producción. A través de esta representación se identificaron patrones repetitivos de procesamiento, lo que ayudó a determinar qué productos podían integrarse dentro de una misma familia tecnológica. Esta herramienta sirvió como base para la reorganización de la planta bajo un enfoque celular.

Tabla 8. Matriz producto–máquina

Familia de Productos							
Maquin.	Productos						
	SN-001	CA-CAL-002	SA-001	CA-BL-001	CA-MO-001	CN-ROS-001	CA-FU-001
M1	1	1	1	1	1	1	1
M2					1		
M3		1		1		1	
M4	1	1	1	1	1	1	1
M5	1				1		1
M6		1	1	1		1	
M7	1				1		1
M8		1	1	1		1	
M9							1
M10	1	1	1	1	1	1	1
M11							1
M12		1		1		1	

3.2.2 Eliminación de la cortadora

En esta etapa se realizó la depuración de operaciones, eliminando la máquina cortadora de la matriz inicial ya que ayuda a abastecer a todos los productos de la empresa. Este procedimiento permitió observar una mejor distribución de las operaciones y facilitó la identificación de bloques más compactos dentro de las celdas de manufactura. En la Tabla 9 se muestra las máquinas con excepción de la M1, siendo esta la cortadora.

Tabla 9. Eliminación de la cortadora

Familia de Productos							
Maquin.	Productos						
	SN-001	CA-CAL-002	SA-001	CA-BL-001	CA-MO-001	CN-ROS-001	CA-FU-001
M2					1		
M3		1		1		1	
M4	1	1	1	1	1	1	1
M5	1				1		1
M6		1	1	1		1	
M7	1				1		1
M8		1	1	1		1	
M9							1
M10	1	1	1	1	1	1	1

Familia de Productos							
M11							1
M12		1		1		1	

3.2.3 Reordenamiento de filas y columnas

El reordenamiento de filas y columnas se realizó mediante la aplicación del Algoritmo de Ordenamiento por categorías (AOC) con el objetivo de identificar bloques diagonales dentro de la matriz producto-máquina. La Tabla 10 muestra los bloques que representan grupos de productos que utilizan máquinas similares, lo cual evidencia la existencia de familias de manufactura. Este procedimiento facilitó la estructuración de celdas productivas y la optimización del flujo de trabajo.

Tabla 10. Matriz AOC

	Familia de Productos								
	Maquin.	Productos							
		64	32	16	8	4	2	1	
		SN-001	CA-CAL-002	SA-001	CA-BL-001	CA-MO-001	CN-ROS-001	CA-FU-001	
1024	M4	1	1	1	1	1	1	127	
512	M10	1	1	1	1	1	1	127	
256	M5	1	1	1				112	
128	M7	1	1	1				112	
64	M2	1						64	
32	M9		1					32	
16	M11		1					32	
8	M6				1	1	1	15	
4	M8				1	1	1	15	
2	M3				1	1	1	14	
1	M12				1	1	1	14	
		1984	1968	1920	1551	1551	1551	1548	

3.2.4 Formación de celdas de manufactura

La Tabla 11 muestra las celdas de manufactura, las cuales fueron definidas agrupando máquinas y productos con alta relación operativa. Mediante la reorganización de la matriz se buscó minimizar traslados, tiempos improductivos y cruces entre procesos.

Cada celda quedó conformada por equipos que participan de manera secuencial en la fabricación de una familia específica de productos, permitiendo una producción más eficiente y ordenada.

Tabla 11. Celdas de manufactura

Familia de Productos							
Maquin.	Productos						
	SN-001	CA-CAL-002	SA-001	CA-BL-001	CA-MO-001	CN-ROS-001	CA-FU-001
M4	1	1	1	1	1	1	1
M10	1	1	1	1	1	1	1
M5	1	1	1				
M7	1	1	1				
M2	1						
M9		1					
M11		1					
M6				1	1	1	1
M8				1	1	1	1
M3				1	1	1	
M12				1	1	1	

3.2.5 Ajuste de maquinaria

Debido a que en el análisis inicial se evidenció una mayor cantidad de máquinas asociadas a los procesos productivos, fue necesario realizar un ajuste en la conformación de las familias de productos. En este sentido, se incrementó la participación de máquinas dentro de la Familia 2, con el propósito de lograr una mejor agrupación de productos que comparten operaciones similares. En la Tabla 12 se muestra el resultado, donde se obtuvo una nueva formación de familias, la cual permite una distribución más ordenada de las máquinas y una mejor relación entre productos y procesos dentro de las celdas de manufactura.

Tabla 12. Familia de Productos

Familia de Productos							
Maquin.	Productos						
	SN-001	CA-CAL-002	SA-001	CA-BL-001	CA-MO-001	CN-ROS-001	CA-FU-001
M4	1	1	1				

Familia de Productos							
M10	1	1	1				
M5	1	1	1				
M7	1	1	1				
M2	1						
M9		1					
M11		1					
M4				1	1	1	1
M10				1	1	1	1
M6				1	1	1	1
M8				1	1	1	1
M3				1	1	1	
M12				1	1	1	

- Familia 1: SA-001, SN-001, CA-CAL-002.
- Familia 2: CA-BL-001, CA-FU-001, CA-MO-001, CN-ROS-001

3.2.6 Eficiencia de agrupación

La eficiencia de agrupación fue calculada para evaluar el desempeño de las celdas de manufactura obtenidas. Este indicador permitió medir el grado de optimización alcanzado en la distribución celular, considerando la reducción de espacios vacíos y excepciones dentro de la matriz. Un mayor valor de eficiencia refleja una mejor integración entre productos y máquinas dentro de cada celda.

Se logró una eficacia del 82.22% en la formación de estas familias.

Número de Operaciones: 37

Número de elementos excepcionales: 0

Número de elementos vacíos en la célula: 8

$$\Gamma = \frac{1 - \psi}{1 + \phi} \quad (8)$$

$$\Gamma = \frac{\left(1 - \frac{0}{37}\right)}{\left(1 + \frac{8}{37}\right)}$$

$$\Gamma = 0.82222$$

$$Eficacia\ del\ grupo = 0.8222 = 82.22\%$$

Debido a la diversidad de productos que fabrica AIDITEX, la adquisición de las dos familias de productos mejoró la organización y la eficiencia de la producción. Además, contribuye al desarrollo de propuestas de diseños para la planta de producción, así como al aumento de la productividad de AIDITEX.

3.3 Análisis ABC de la familia de productos de ropa interior

El análisis ABC es una técnica de categorización que se fundamenta en el principio de Pareto, esta herramienta se aplicó para determinar la familia de productos más representativa en la empresa, a partir del valor promedio de ventas anuales de los años 2023 y 2024, presentados en el Anexo A, esto sirvió como base para interpretar los resultados y generar una propuesta de mejora en la distribución de la planta.

En la Tabla 13 y en la Figura 9 se presentan los resultados del análisis ABC, en la cual se identificaron dos categorías, que permitieron determinar la familia de productos más importante (A), con el objetivo de priorizar su flujo de operaciones en la planta.

Categoría A: Agrupa todos los productos de mayor importancia dentro de la empresa, es decir, los que han generado mayores ventas en el promedio anual.

Categoría B: Incluye las prendas de importancia intermedia que contribuyen entre 20% del valor total, teniendo un impacto moderado en la empresa.

Tabla 13. Diagrama ABC de la familia de productos de ropa interior

Familia de prod.	Prendas	Prom. anual de ventas (doc)	Precio Uni. (\$)	Total (\$)	Total de F.P.	Porc. (%)	Porc. Acum. (%)	Cat.
Familia 1	SA-001	3144	\$ 10.00	\$31,440.00	\$ 57,916.00	79.68%	79.68%	A
	SN-001	2456	\$ 8.00	\$19,648.00				
	CA-CAL-002	569	\$ 12.00	\$ 6,828.00				

Familia de prod.	Prendas	Prom. anual de ventas (doc)	Precio Uni. (\$)	Total (\$)	Total de F.P.	Porc. (%)	Porc. Acum. (%)	Cat.
Familia 2	CA-BL-001	359	\$ 18.00	\$ 6,462.00	\$ 14,766.00	20.32%	100.00 %	B
	CA-FU-001	246	\$ 17.00	\$ 4,182.00				
	CA-MO-001	117	\$ 18.00	\$ 2,106.00				
	CN-ROS-001	144	\$ 14.00	\$ 2,016.00				
TOTAL				\$72,682.00	\$72,682.00	100%		

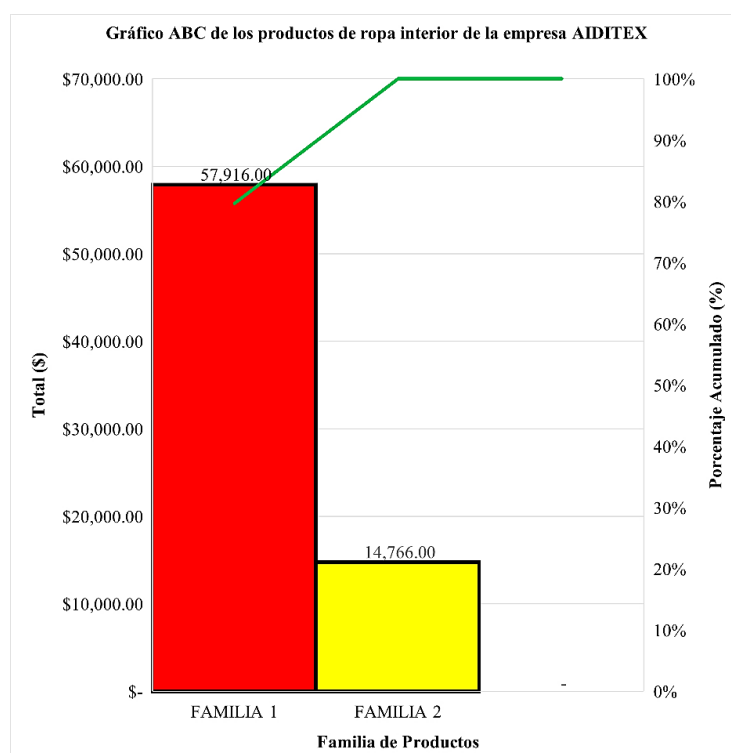


Figura 9. Gráfica ABC de la familia de productos de la empresa AIDITEX.

Interpretación: A partir del gráfico ABC de la familia de productos que oferta la empresa, concluimos que la gama de productos clasificados en la categoría A (color rojo) corresponde a la Familia 1 con los siguientes artículos: Señorial Adulta (SA-001), Calzoncillo SATOS'S (CA-CAL-002) y por último Señorial Niña (SN-001).

Estos artículos representan la mayor proporción del valor total de ingresos para la empresa, es decir, son el núcleo principal de confección en la planta productiva, de

modo que requieren mayor prioridad en la planificación de la nueva distribución al representar el 79.68% de los ingresos en la empresa.

En la categoría B (color amarillo) se encuentra la Familia 2, la cual engloba prendas como: Tanga Estampada (CA-BL-001), Semitanga Llana (CA-FU-001), Semitanga Estampada (CA-MO-001) e Interior de Niña Estampada (CN-ROS-001), estos artículos representan una colaboración intermedia del 20.32% de ventas de las prendas femeninas.

Es importante señalar que el análisis ABC de las prendas que la empresa produce permitió identificar no solo la importancia relativa de los productos, sino también los artículos de mayor relevancia en el proceso de producción, facilitando la toma de decisiones con la finalidad de optimizar sus procesos y diseñar una distribución eficiente en su planta productiva.

3.4 Selección del producto para el estudio

Para el desarrollo del estudio se seleccionaron dos productos representativos obtenidos mediante el análisis ABC: el SA-001 (Señorial Adulta), perteneciente a la familia de productos 1, y el producto CA-BL-001 (Tanga) ubicado en primer lugar dentro del ABC de la familia de productos 2. La selección de ambos productos se justifica debido a que presentan la mayor participación dentro de sus respectivas familias, siendo el SA-001 el producto con mayor incidencia económica, con una participación del 54.29%, mientras que el producto principal de la familia 2 registra una participación del 43.76%.

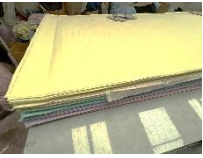
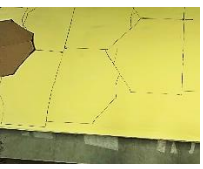
Por esta razón, ambos artículos fueron considerados como base para el análisis del proceso productivo y el posterior balanceo de línea, ya que permiten evaluar de manera más completa la carga de trabajo, los tiempos de operación, el uso de máquinas, la asignación de operarios y los posibles cuellos de botella existentes en la planta. La inclusión de los dos productos permite que el balanceo no se enfoque únicamente en una familia, sino que considere los productos de mayor relevancia productiva y económica de cada grupo, logrando una propuesta más equilibrada y ajustada a la realidad de la empresa AIDITEX.

El estudio facilita la identificación de las áreas donde se requiere redistribuir actividades, reforzar recursos o mejorar el flujo de trabajo, con el propósito de reducir tiempos improductivos y aumentar la eficiencia operativa.

3.4.1 Descripción del proceso productivo

El proceso de fabricación del producto SA-001 se presenta en la Tabla 14, con el propósito de describir las operaciones de manera detallada con los insumos, maquinaria y una descripción de cada etapa de fabricación que conlleva el producto que tiene mayor participación en los ingresos de la empresa.

Tabla 14. Proceso productivo del producto SA-001

Proceso Productivo						
Área Responsable: Gerencia						
Etapa	Nº	Actividad	Maquinaria / Equipos	Insumos	Descripción	Imagen
Materia prima	1	Abastecer materia prima	-	-Tela tubular -Hilos -Elásticos -Etiquetas	Se adquiere la materia prima necesaria para la producción, asegurando su disponibilidad.	
Área Responsable: Producción						
Etapa	Nº	Actividad	Maquinaria / Equipos	Insumos	Descripción	Imagen
Corte	2	Extendido de tela	Mesa de corte	Rollos de tela	Se tienden 6 rollos de tela tubular Jersey Basic y los clasifican por su anchura.	
	3	Trazado de moldes	Marcador textil	-Moldes -Tela	Trazan los moldes sobre la tela evitando desperdicios, optimizando el material.	
	4	Corte de las piezas	Cortadora	Tela rayada	Cortan los 16 paquetes del “juego” tendido. Un paquete posee 17 docenas.	

Proceso Productivo						
Confección	5	Fundillado trasero	Máquina Overlock	Piezas cortadas	El ensamble de las piezas traseras en conjunto con las partes fundillo y forro.	
	6	Fundillado delantero	Máquina Overlock	Piezas cortadas	Se une la parte delantera con las partes ya antes ensambladas denominado fundillo trasero.	
	7	Colocación de elástico de piernas	Máquina elasticadora	Elástico delgado	Se cose el elástico de piernas de acuerdo con las medidas según la talla.	
	8	Costura del primer lado	Máquina Overlock	Prenda en proceso	Costura lateral izquierdo, incluye la colocación de la talla correspondiente.	
	9	Colocación de elástico de cintura	Máquina elasticadora	Elástico ancho	Dependiendo la talla se modifica el ancho de cintura para la colocación del elástico.	
	10	Costura segundo lado	Máquina Overlock	Prenda en proceso	En el lateral derecho de la prenda se cose, sin añadir la talla ya antes colocada.	
	11	Recubrir cintura	Recubridora	Prenda ensamblada	El elástico de cintura se recubre en esta operación y se eliminan hilos sobrantes.	
Empaque	12	Colocación de flor decorativa	Pistola de silicona caliente	Flor decorativa	Se coloca la flor decorativa de acuerdo con el color de la tela, en el centro de la cintura.	
	13	Doblado de la prenda	Mesa de trabajo	Prenda terminada	Se comprueba la calidad de las costuras del producto terminado y se dobla la prenda.	

Proceso Productivo						
	14	Empaque	Mesa de trabajo	-Fundas plásticas -Tallas adhesivas	Se empaca las prendas dentro de fundas y se coloca la talla adhesiva correspondiente.	

Área Responsable: Almacenamiento						
Etapa	Nº	Actividad	Maquinaria / Equipos	Insumos	Descripción	Imagen
Almacenamiento	15	Almacenamiento final	Estanterías	Producto listo para la venta	Se coloca los productos en su respectiva percha dentro de las bodegas de la empresa	

A continuación, en la Tabla 15 se presenta la tabla correspondiente a las operaciones que conforman el proceso productivo del producto seleccionado de la familia de productos 2. La inclusión de esta información permite complementar el estudio y contar con una base más completa para el balanceo de línea, ya que es necesario conocer las actividades, recursos y secuencia de trabajo de ambos productos seleccionados.

Este producto presenta casi las mismas operaciones que el SA-001; sin embargo, se incorporan y eliminan ciertos procesos. Después del área de corte, se realiza el estampado serigráfico y posteriormente continúa con el flujo normal de operaciones descrito para el producto SA-001. No obstante, en lugar de colocar elástico, se aplica sesgo en las piernas y la cintura. Además, ya no se ejecutan las operaciones de recubrimiento ni la colocación de la flor. Finalmente, antes del empacado, se realiza el plastiflechado y posteriormente el producto pasa al área de empaque.

✓ **Operaciones añadidas:**

- Estampado después del área de corte.
- Colocación de sesgo en piernas y cintura.
- Atracar la prenda.

- Plastiflechado antes del empaclado.

✓ **Operaciones eliminadas:**

- Colocación de elástico.
- Proceso de recubrimiento.
- Colocación de flor decorativa.

Tabla 15. Proceso productivo de CA-BL-001

Proceso Productivo						
Área Responsable: Producción						
Etapas	Nº	Actividad	Maquinaria/Equipos	Insumos	Descripción	Imagen
Serigrafía	4.5	Serigrafía	Pulpo serigráfico	-Pintura -Base de pintura	Se realiza la impresión del diseño sobre la prenda mediante el uso del pulpo serigráfico.	
	4.6	Secado de la prenda	Horno	Gas	La prenda pasa al horno de secado para fijar correctamente la pintura aplicada en la serigrafía,	
Confección	7.1	Colocación de sesgo en piernas	-Sesgadora	-Hilo -Sesgo	Se coloca el sesgo en las aberturas de las piernas utilizando la sesgadora.	
	9.1	Colocación de sesgo en cintura	-Sesgadora	-Hilo -Sesgo	Se coloca el sesgo en la parte superior, es decir, en la cintura de la prenda.	
	11.1	Atracar la prenda	Atracadora	Hilo	Se refuerza el cosido de los sesgos de piernas y cintura con la atracadora.	
Empaque	12.1	Colocación de plastiflecha	Plastiflecha	Etiquetas	Se coloca la etiqueta en la prenda mediante plastiflecha, identificando el producto	

La descripción del proceso productivo de los dos productos seleccionados permitió analizar la secuencia de operaciones, la maquinaria utilizada y los recursos requeridos para la confección de cada uno. A partir de esta información, se interpretaron las necesidades y características de ambos procesos con el fin de formular un diseño de planta orientado a la eficiencia operativa de la empresa.

3.5 Estudio de tiempos de las operaciones del proceso

El estudio de tiempos es una herramienta fundamental que permite identificar oportunidades de mejora en el proceso productivo mediante la eliminación de operaciones ineficaces y la estandarización de sus actividades.

Se calculó la duración real de las operaciones de los productos seleccionados: SA-001 y CA-BL-001, mediante la toma de tiempos con una medición con tipo de cronómetro vuelta a cero, se registró varias observaciones para garantizar confiabilidad en los resultados. Los datos obtenidos se colocaron en una hoja de cálculo para determinar el tiempo estándar con la finalidad de identificar cuellos de botella, así también generar una propuesta en la distribución de la planta productiva para aumentar su eficacia.

3.5.1 Estimar el número de muestras

Para la determinación del número de observaciones requeridas en el estudio de tiempos, se empleó la distribución t de Student, adecuada para muestras pequeñas y cuando la desviación estándar poblacional es desconocida. Se aplicó la Ecuación 16 y se consideró un nivel de confianza del 95% y un error relativo permitido del 10%, criterios que garantizan un adecuado equilibrio entre precisión y confiabilidad en los resultados.

Asimismo, se tomaron en cuenta los grados de libertad, definidos como el número de observaciones menos uno ($n-1$), los cuales permiten seleccionar el valor crítico de la distribución t correspondiente. Bajo estos parámetros estadísticos, se determinó el tamaño mínimo de muestra necesario, asegurando que las mediciones realizadas sean representativas del comportamiento real del proceso analizado.

Para determinar el número de muestras necesarias en la toma de tiempos, se seleccionó la operación de fundillado delantera, ya que presentó la mayor desviación estándar. Se realizaron 10 mediciones preliminares de esta operación, cuyos datos se utilizaron como referencia para calcular el tamaño de muestra para las demás actividades del proceso.

- Promedio de tiempos ($\bar{x}$) = 13.89 segundos
- Desviación estándar (S) = 1.66 segundos
- Precisión deseada (k) = 0.1
- Nivel de confianza 95%, valor crítico $t = 2.262$, según tabla de t de Student con 9 grados de libertad.

$$N = \left(\frac{t \cdot S}{k \cdot \bar{x}} \right)^2 \quad (16)$$

Sustituyendo en la fórmula:

$$N = \left(\frac{t \cdot S}{k \cdot \bar{x}} \right)^2$$

$$N = \left(\frac{2.262 \times 1.66}{0.1 \times 13.89} \right)^2$$

$$N = \left(\frac{3.75}{1.389} \right)^2$$

$$N = (2.699)^2$$

$$N = 7.284 \approx 8$$

El tamaño de muestra calculado fue de 7.284 observaciones. Debido a que el tamaño de muestra representa el número mínimo requerido para garantizar el nivel de confianza y la precisión establecidos, el valor se redondeó al entero inmediato superior, obteniéndose 8 observaciones. Este criterio se aplica para asegurar que la cantidad de datos recolectados sea suficiente y no inferior a la requerida estadísticamente. Sin

embargo, en el presente estudio se realizaron 10 observaciones, superando el tamaño mínimo calculado y aumentando la confiabilidad de los resultados.

3.5.2 Evaluación del factor de desempeño

La evaluación del factor de desempeño se realizó mediante el sistema Westinghouse, con el objetivo de ajustar los tiempos observados de las operaciones y obtener resultados más precisos en el cálculo del tiempo normal. Este método permite valorar el rendimiento del operario considerando cuatro criterios fundamentales: habilidad, esfuerzo, condiciones de trabajo y consistencia, los cuales influyen directamente en la eficiencia operativa dentro de la empresa de confección. La aplicación de este sistema en los procesos de corte, confección, empaque y almacenamiento permite reflejar de manera objetiva el ritmo de trabajo real, constituyéndose en un elemento clave para el diseño de la planta orientado a la mejora de la eficiencia. Se evidencia la información en la Tabla 16 y en el Anexo C se muestra el cálculo del factor de desempeño de transportes y de inspecciones.

Tabla 16. Factor de Desempeño

Factor de Desempeño		
Proceso: Corte		
Habilidad	B1	+0.11
Esfuerzo	B2	+0.08
Condiciones	E	-0.03
Consistencia	C	+0.01
TOTAL		0.17
Proceso: Estampado		
Habilidad	B2	+0.08
Esfuerzo	B1	+0.1
Condiciones	C	+0.02
Consistencia	C	+0.01
TOTAL		0.21
Proceso: Confección		
Habilidad	A2	+0.13
Esfuerzo	A2	+0.12
Condiciones	C	+0.02
Consistencia	C	+0.01
TOTAL		0.28
Proceso: Empaque		

Factor de Desempeño		
Habilidad	C1	+0.06
Esfuerzo	C2	+0.02
Condiciones	B	+0.04
Consistencia	E	-0.02
TOTAL		0.10

Los factores de desempeño asignados a cada proceso reflejan la evaluación sistemática de las condiciones reales de trabajo de los operarios, considerando habilidad, esfuerzo, condiciones ambientales y consistencia, siguiendo la metodología Westinghouse. Por ejemplo, en el proceso de corte, la combinación de habilidad alta (+0.11) y esfuerzo significativo (+0.08) se ve parcialmente compensada por condiciones ligeramente desfavorables (-0.03), resultando en un factor de desempeño total de 0.17. Este valor indica que el tiempo medido de la operación debe ajustarse en un 17% para reflejar la eficiencia real del trabajador y la dificultad del proceso. La aplicación de este factor garantiza que los tiempos normales calculados no solo reflejen el tiempo técnico de la operación, sino también la capacidad humana y las condiciones ambientales que afectan el desempeño.

De manera similar, en procesos como estampado (0.21) o confección (0.28), los factores positivos reflejan mayor habilidad y esfuerzo requerido, mientras que los negativos representan limitaciones en condiciones o consistencia, ajustando el tiempo normal en consecuencia.

3.5.3 Determinación del Tiempo Normal

Este enfoque permite calcular directamente el tiempo normal mediante la Ecuación 15. A continuación, se presenta un ejemplo correspondiente a la operación de tendido de tela, con el propósito de analizar cómo influye el factor de desempeño en el ajuste de los tiempos de cada actividad, obteniendo:

- $\bar{T}$ = 18.58 segundos
- Fd = 0.17 TE

$$TN = \bar{T} \times (1 + Fd) \quad (15)$$

Sustituyendo en la fórmula:

$$TN = 18.58 \times (1 + 0.17)$$

$$TN = 21.78 \text{ segundos}$$

La aplicación de la fórmula de Tiempo Normal al elemento medido, en este caso TN=21.78 segundos, refleja la capacidad real del operario y proporciona un valor confiable para la planificación y la productividad del proceso.

Esta metodología asegura que el tiempo normal no solo refleje la duración promedio de la operación, sino que también incorpore factores humanos y ambientales, proporcionando una base confiable para la planificación de la producción, balance de líneas y mejora de la eficiencia operativa.

3.5.4 Definir los suplementos

En el cálculo del tiempo estándar es necesario considerar circunstancias que llegan a influir en el rendimiento del operario, se denomina suplementos a factores relacionados a la fatiga, condiciones personales y ambientales. Al ser conscientes de estas demoras inevitables, se las incluyó en los cálculos del tiempo del proceso para obtener un tiempo estándar más realista.

En la Tabla 17 se muestran los suplementos establecidos mediante criterios técnicos y la observación directa de las actividades realizadas por el personal de AIDITEX durante la jornada laboral. La determinación de estos valores se fundamentó en la metodología de estudio de tiempos y medición del trabajo, tomando como referencia la tabla de suplementos basada en los estándares propuestos por la Organización Internacional del Trabajo, lo que permitió obtener valores acordes a las condiciones reales de trabajo de la empresa.

Tabla 17. Suplementos

Suplementos		
Proceso: Corte		
Necesidades personales	5	
Suplementos base por fatiga	4	
A. Por trabajar de pie	2	
B. Por postura anormal	2	
C. Uso de la fuerza	0	
D. Mala iluminación	0	
E. Condiciones atmosféricas	3	
F. Concentración intensa	5	
G. Ruido	2	
H. Tensión mental	4	
I. Monotonía	0	
J. Tedio	0	
TOTAL	27% = 0.27	
Proceso: Estampado		
Necesidades personales	7	
Suplementos base por fatiga	4	
Por trabajar de pie	4	
Por postura anormal	1	
Uso de la fuerza	1	
Mala iluminación	0	
Condiciones atmosféricas	0	
Concentración intensa	2	
Ruido	0	
Tensión mental	4	
Monotonía	1	
Tedio	0	
TOTAL	24%=0.24	
Proceso: Confección		
Necesidades personales	7	
Suplementos base por fatiga	4	
A. Por trabajar de pie	0	
B. Por postura anormal	1	
C. Uso de la fuerza	0	
D. Mala iluminación	0	
E. Condiciones atmosféricas	0	
F. Concentración intensa	5	
G. Ruido	2	
H. Tensión mental	1	
I. Monotonía	1	
J. Tedio	1	
TOTAL	22% = 0.22	

Suplementos		
Proceso: Empaque		
Necesidades personales	7	
Suplementos base por fatiga	4	
A. Por trabajar de pie	4	
B. Por postura anormal	3	
C. Uso de la fuerza	0	
D. Mala iluminación	0	
E. Condiciones atmosféricas	0	
F. Concentración intensa	2	
G. Ruido	0	
H. Tensión mental	1	
I. Monotonía	1	
J. Tedio	1	
TOTAL	23% = 0.23	

Los valores de suplementos asignados a cada proceso productivo fueron determinados considerando tanto las necesidades personales del trabajador como los factores de fatiga derivados de las condiciones del método de trabajo. En el proceso de corte, se asignó un suplemento del 27%, reflejando la alta carga mental, la concentración intensa requerida y el riesgo inherente al manejo de cuchillas afiladas, lo que coincide con la clasificación de esfuerzos complejos y potencialmente peligrosos descrita en la bibliografía investigada. Para el estampado, el suplemento de 24% considera principalmente el trabajo de pie prolongado y la postura adoptada durante la operación, así como la concentración necesaria para asegurar un estampado uniforme y preciso.

En confección, el menor valor, 22%, se justifica por el bajo esfuerzo físico involucrado, aunque se requiere alta precisión y atención debido a la manipulación de máquinas industriales con agujas, incrementando la tensión mental. En el proceso de empaque presenta un suplemento del 23%, influenciado por la postura de pie sostenida y la monotonía derivada de la repetición de tareas.

Estos valores fueron calculados de forma sistemática, aplicando los criterios de suplementación por fatiga, postura, esfuerzo, concentración y monotonía, asegurando que reflejan fielmente las condiciones reales de cada proceso y garantizando la coherencia y confiabilidad de los resultados para su uso en el diseño operativo de la planta.

3.5.5 Cálculo del Tiempo Estándar

Los datos fueron analizados y ajustados mediante los suplementos correspondientes, con el fin de calcular el tiempo estándar de cada actividad. La información recopilada se presenta en las hojas de estudio de tiempos incluidas en el Anexo E, las cuales constituyen la base para el análisis de capacidad, la identificación de cuellos de botella y la formulación de propuestas de mejora dentro del sistema productivo.

A continuación, se presenta un ejemplo de la operación de tendido de tela, en el cual se utilizaron los datos previamente obtenidos y se aplicaron en la Ecuación 15, obteniéndose los siguientes valores:

- $TN = 21.78 \text{ segundos}$
- $\text{Suplementos} = 27\% = 0.27$

$$TE = TN \cdot (1 + \text{Suplementos}) \quad (15)$$

Sustituyendo la fórmula:

$$TE = 21.78 \cdot (1 + 0.27)$$

$$TE = 27.62 \text{ segundos}$$

El análisis del Tiempo Estándar (TE) obtenido para la operación de tendido de tela evidencia que, al aplicar un suplemento del 27% al Tiempo Normal = 21.78 segundos, se obtiene un TE de 27.62 segundos. Este valor representa la duración real esperada de la actividad considerando no solo el tiempo promedio de ejecución, sino también los factores que afectan el desempeño del operario, como fatiga, postura, esfuerzo y condiciones ambientales.

En el estudio de tiempos para el balanceo de líneas y diseño de la planta de AIDITEX, no se consideraron los tiempos de almacenamiento como parte del tiempo estándar de producción, ya que estas actividades no agregan valor directo al producto.

3.6 Cursograma de procesos

3.6.1 Cursograma sinóptico

En la Figura 10 se visualiza el cursograma sinóptico de las operaciones de la confección del producto SA-001. Se observó su proceso productivo de manera secuencial y estructurada, permitiendo la interacción entre las diferentes áreas de la empresa y facilitando el análisis visual.

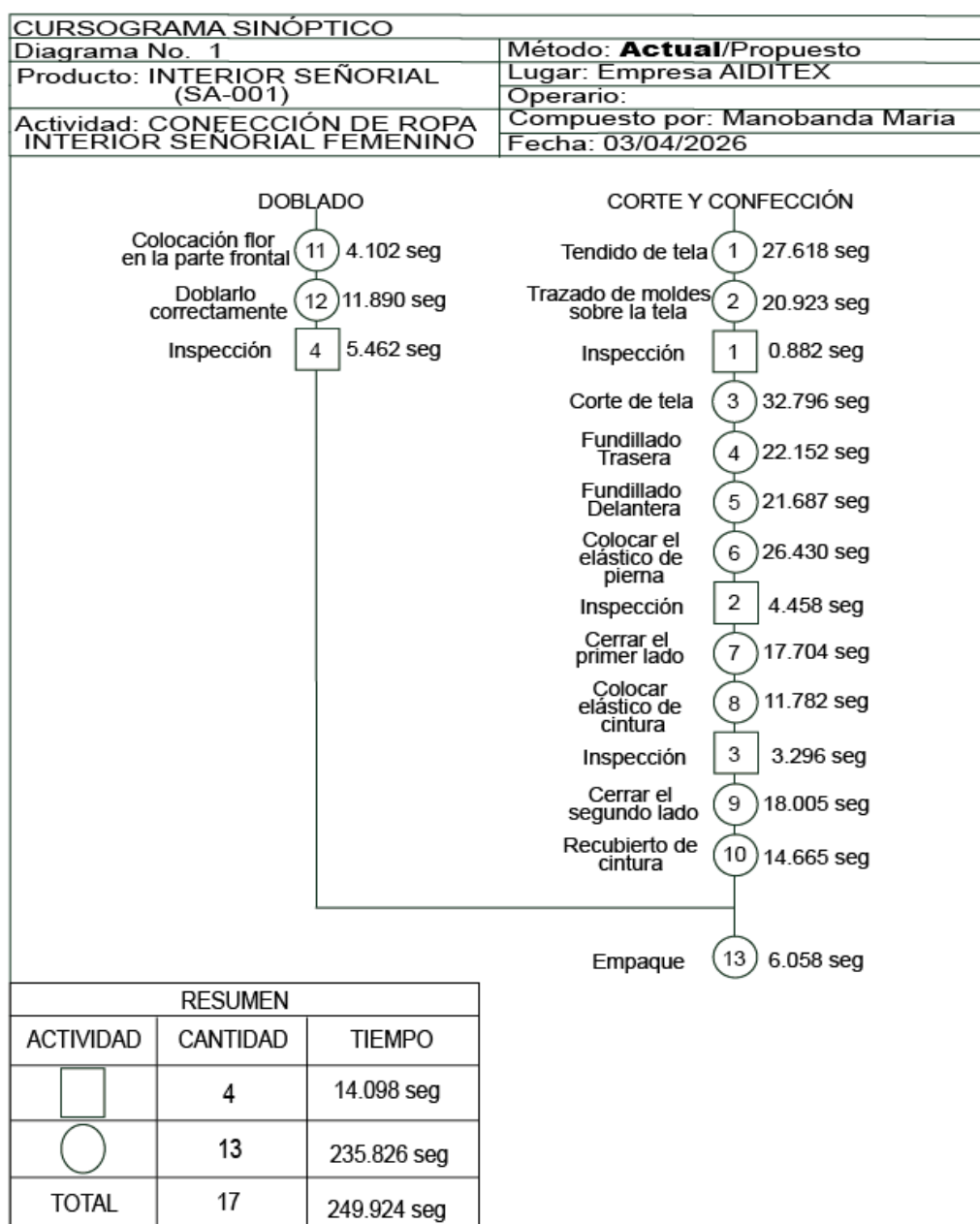


Figura 10. Cursograma Sinóptico de SA-001

A continuación, en la Figura 11 se presenta el cursograma analítico del segundo producto seleccionado, CA-BL-001, perteneciente a la familia de productos 2. Este cursograma permite visualizar de manera ordenada la secuencia de actividades que intervienen en su proceso productivo, identificando operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos.

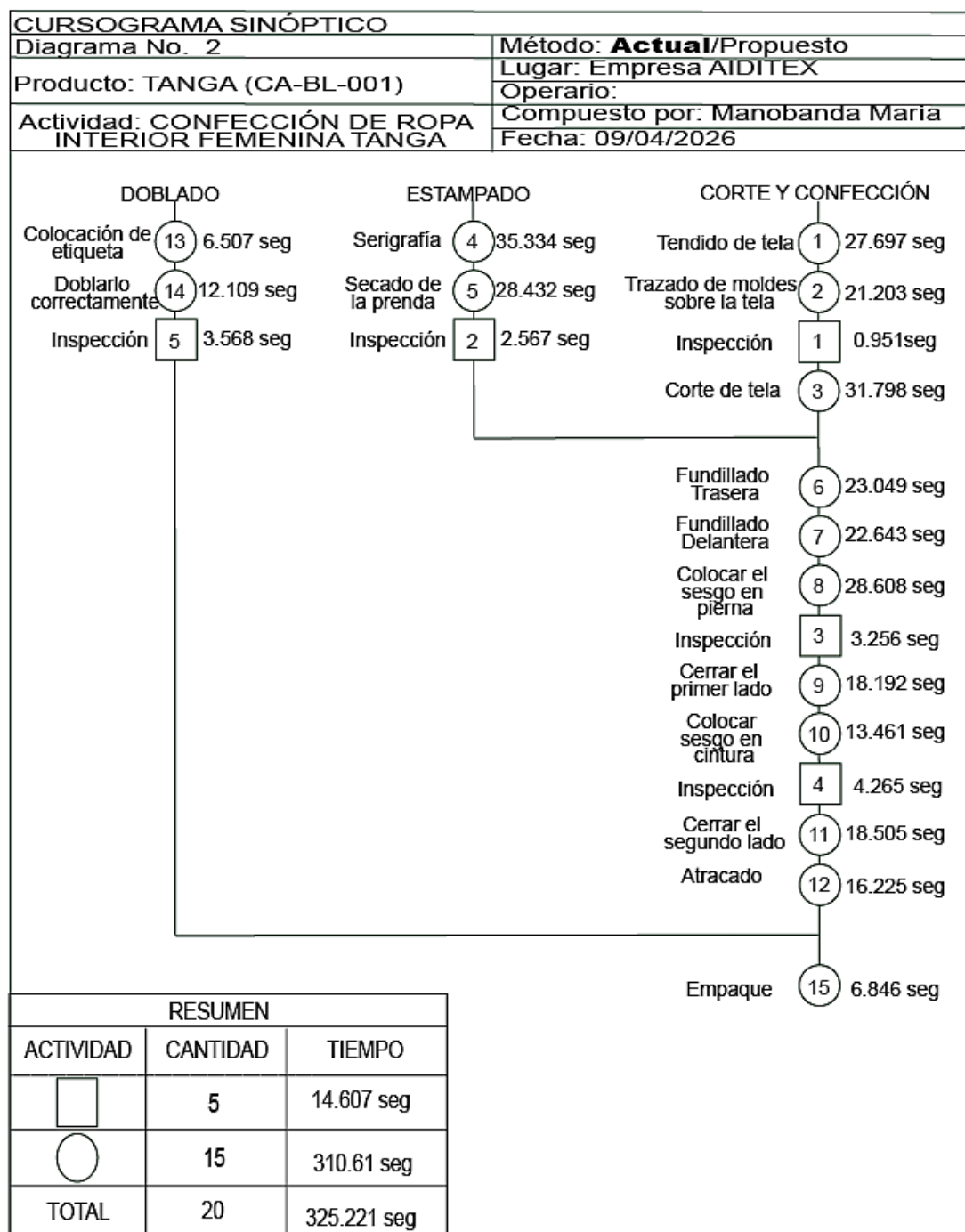


Figura 11. Cursograma Sinóptico de CA-BL-001

Una vez presentados los cursogramas analíticos de los productos SA-001 y CA-BL-001, se cuenta con una base más completa para analizar el comportamiento del proceso productivo de las dos familias seleccionadas. Esta información permite comparar la secuencia de actividades, identificar operaciones críticas, evaluar recorridos, tiempos improductivos y posibles cuellos de botella.

3.6.2 Cursograma Analítico

En la Tabla 18 y Tabla 19 se muestra el cursograma analítico de cada producto seleccionado.

d. Cursograma Analítico de SA-001

El cursograma analítico para el producto SA-001 va desde la confección hasta el empaquetamiento del producto y a través del análisis se han determinado las actividades que se realizan de dicho producto, un total de 13 operaciones, 9 transportes, 4 inspecciones, un almacenamiento que sería el final y no se posee esperas.

Tabla 18. Cursograma Analítico de SA-001

CURSOGRAMA ANALÍTICO									
DIAGRAMA núm. 1	R E S U M E N								
OBJETO: Ropa Interior Femenina: SA-001	ACTIVIDAD			ACTUAL		PROPUESTA			
ACTIVIDAD: Confección y empaquetamiento de ropa interior femenina.	Operación		13	☒					
	Transporte		9						
	Espera		0						
	Inspección		4						
	Almacenamiento		1						
MÉTODO: ACTUAL		DISTANCIA (metros)							
		TIEMPO (horas)							
REALIZADO POR: Manobanda María		APROBADO POR: Ing. Daysi Ortiz			FECHA: 01/05/2026				
DESCRIPCIÓN	Distancia (m)	Ts (seg)	Ts (min)	SÍMBOLO			OBSERVACIONES		
									
Tendido de telas		27.62	0.46	●					
Trazado de moldes		20.92	0.35	●					
Inspección de alineación de telas		0.88	0.01				●		
Corte de telas		32.80	0.55	●					
Transporte para fundillo trasero	16.68	324.41	5.41		●				A mano

CURSOGRAMA ANALÍTICO									
Fundillado trasero		22.15	0.37	●					
Transporte para fundillo delantero	1.22	2.98	0.05		●				A mano
Fundillado delantero		21.69	0.36	●					
Transporte a máquina elasticadora	3.19	14.69	0.24		●				En cartones
Colocar elástico en pierna		26.43	0.44	●					
Inspección de medida de pierna		4.46	0.07				●		
Transporte a máquina overlock	3.58	18.04	0.30		●				En cartones
Cerrado primer lado		17.70	0.30	●					
Transporte a elasticadora de cintura	5.09	34.09	0.57		●				En cartones
Colocar elástico de cintura		11.78	0.20	●					
Inspección de ancho de cintura		3.30	0.05				●		
Transporte a máquina overlock	4.36	25.71	0.43		●				En cartones
Cerrado segundo lado		18.01	0.30	●					
Transporte a máquina de recubierto	3.41	16.54	0.28		●				En cartones
Recubierto de cintura		14.66	0.24	●					
Transporte a mesa de empaquetado	4.34	25.49	0.42		●				En cartones
Colocación de flor en parte frontal		4.10	0.07	●					
Doblado de pieza		11.89	0.20	●					
Inspección		5.46	0.09				●		
Empaquetado		6.06	0.10	●					
Transporte a bodega	4.05	22.50	0.37		●				En cartones
Almacenamiento por docenas								●	
Total	45.92	308.00	5.19	13	9	0	4	1	

El cursograma analítico del producto SA-001 evidencia la secuencia detallada de operaciones y transportes dentro del proceso de confección y empaque. Se observa que las operaciones de tendido, corte y fundillado representan los pasos con mayor tiempo de ejecución, mientras que los transportes internos entre estaciones, aunque más cortos en distancia, generan acumulaciones de producto en proceso si no se coordinan adecuadamente.

La visualización permite identificar claramente los puntos críticos del flujo, tales como el transporte hacia la máquina elasticadora y el sobre exceso de recorrido entre la estación overlock y el cerrado del primer y segundo lado. Estas áreas podrían generar retrasos menores si la disposición de las máquinas o la coordinación de los operarios no es óptima.

Además, el análisis del cursograma confirma que la carga de trabajo y tiempos estándar por operación se cumplen, y que los tiempos improductivos se concentran principalmente en transportes y manipulación de piezas, lo que resalta la importancia de optimizar las rutas internas y mantener despejadas las zonas de circulación. Este instrumento proporciona una base técnica para implementar mejoras en el layout y la organización celular, contribuyendo a reducir tiempos de desplazamiento, evitar acumulaciones innecesarias y asegurar un flujo continuo de producción.

e. Cursograma Analítico de CA-BL-001

En la Tabla 19 se observa el cursograma actual para el producto CA-BL-001, el proceso de corte y tendido de telas es lo mismo que el producto SA-001, lo que varía es la máquina ocupada. Es importante destacar que cada una se transporta a través de cartones.

Tabla 19. Cursograma Analítico de CA-BL-001

CURSOGRAMA ANALÍTICO							
DIAGRAMA núm. 2	R E S U M E N						
OBJETO: Ropa Interior Femenina: CA-BL-001	ACTIVIDAD			ACTUAL		PROPUESTA	
ACTIVIDAD: Confección y empaquetamiento de ropa interior femenina.	OPERACIÓN		15				
	TRANSPORTE		10				
	ESPERA		0				
	INSPECCIÓN		5				
	ALMACEMIENTO		1				
MÉTODO: ACTUAL		DISTANCIA (metros)					
		TIEMPO (horas)					
REALIZADO POR: Manobanda María		APROBADO POR: Ing. Daysi Ortiz			FECHA: 01/05/2026		
DESCRIPCIÓN	Distancia (m)	Ts (seg)	Ts (min)	SÍMBOLO		OBSERVACIONES	
				    			

CURSOGRAMA ANALÍTICO									
Tendido de telas		27.697	0.462	●					
Trazado de moldes		21.204	0.353	●					
Inspección de alineación de telas		0.95	0.02				●		
Corte de telas		31.798	0.530	●					
Transporte para el área de serigrafía	7.74	9.79	0.16		●				A mano
Serigrafía		35.334	0.589	●					
Secado de la prenda		28.433	0.474	●					
Inspección de una serigrafía correcta		2.57	0.04				●		
Transporte para fundillo trasero	28.35	35.86	0.60		●				A mano
Fundillado trasero		23.049	0.384	●					
Transporte para fundillo delantero	2.16	2.73	0.05		●				A mano
Fundillado delantero		22.643	0.377	●					
Transporte a máquina sesgadora	3.08	3.90	0.06		●				En cartones
Colocar sesgo de pierna		28.609	0.477	●					
Inspección de medida de pierna		3.26	0.05				●		
Transporte a máquina overlock	4.31	5.45	0.09		●				En cartones
Cerrado primer lado		18.193	0.303	●					
Transporte a sesgadora	4.43	5.60	0.09		●				En cartones
Colocar sesgo de cintura		13.461	0.224	●					
Inspección de ancho de cintura		4.27	0.07				●		
Transporte a máquina overlock	3.22	4.07	0.07		●				En cartones
Cerrado segundo lado		18.505	0.308	●					
Transporte a máquina atracadora	2.12	2.68	0.04		●				En cartones
Atracado de la prenda		16.225	0.270	●					
Transporte a mesa de empaquetado	10.38	13.13	0.22		●				En cartones
Colocar plastiflecha		6.508	0.108	●					
Doblado de pieza		12.109	0.202	●					
Inspección final		3.57	0.06				●		
Empaquetado en cajas		6.846	0.114	●					
Transporte a bodega	7.28	9.21	0.15		●				En cartones
Almacenamiento por docenas							●		
Total	73.07	407.86	7.99	15	10	0	5	1	

Las operaciones de corte, fundillado y colocación de elásticos son las que requieren mayor tiempo, mientras que los transportes internos generan tiempos ociosos que podrían optimizarse con un layout más eficiente.

Se observa que algunos puntos críticos, como el transporte hacia la máquina sesgadora y el traslado a la overlock, concentran la mayor parte de los recorridos, indicando la necesidad de mantener rutas despejadas y coordinadas. En general, el análisis confirma que los tiempos estándar se cumplen, y que la reorganización de la planta puede reducir tiempos improductivos asociados al transporte y mejorar el flujo continuo del proceso.

3.7 Distribución de la planta actual de la empresa

3.7.1 Layout actual

El análisis del layout actual constituye un elemento fundamental para comprender la distribución física de las áreas de trabajo dentro del sistema productivo. En esta etapa, se identificaron las ubicaciones de maquinaria, puestos de trabajo y zonas de almacenamiento, con el propósito de evaluar su nivel de eficiencia y funcionalidad en las dos plantas que conforman el área productiva de AIDITEX.

Asimismo, este diagnóstico permite examinar cómo se desarrollan las operaciones en la planta, evidenciando la secuencia de procesos, los recorridos del material y las interacciones entre las distintas actividades. No obstante, una distribución inadecuada puede generar tiempos improductivos, desplazamientos innecesarios, cuellos de botella y un uso ineficiente del espacio disponible. En la Figura 12 se presenta el layout actual de la planta baja de AIDITEX, donde se ubican principalmente las áreas de confección, empaque, almacenamiento y bodega.

Esta distribución evidencia que ciertas actividades relacionadas con el flujo productivo se encuentran separadas físicamente entre niveles, lo que influye en los recorridos internos y en la continuidad del proceso. Esta condición resulta relevante, debido a que el corte se desarrolla en un nivel distinto al de confección, empaque y almacenamiento final.



Figura 12. Layout actual del primer piso de AIDITEX

3.7.2 Diagrama de recorrido actual

El diagrama de recorrido es una herramienta fundamental dentro del análisis de distribución de planta, que permite representar de manera gráfica el desplazamiento de materiales a lo largo de las diferentes áreas del proceso productivo. Su aplicación facilita la visualización del flujo real de los productos dentro de la planta, identificando las trayectorias, distancias recorridas y posibles ineficiencias en el sistema.

En el presente estudio, el diagrama de recorrido se utiliza para analizar el flujo de las familias de productos dentro de la planta, tomando como referencia el cursograma sinóptico de los productos representativos SA-001 y CA-BL-001, con el objetivo de evaluar la disposición actual de las áreas y detectar oportunidades de mejora en la distribución física. Este análisis contribuye de manera directa a la reducción de movimientos innecesarios, la optimización de los tiempos de transporte y el incremento de la eficiencia operativa en el sistema productivo.

a. Diagrama de recorrido del Segundo Piso

En la Figura 14 y Figura 15 se presenta el recorrido actual del proceso de los productos SA-001 y CA-BL-001 respectivamente, correspondientes al segundo piso, donde se desarrollan las operaciones iniciales del proceso. El diagrama diferencia la ruta del producto SA-001 mediante líneas de color azul, mientras que la ruta del producto CA-BL-001 se representa mediante líneas identificados con el color verde. Los códigos M corresponden a la maquinaria registrada previamente en la matriz producto-máquina y en el inventario de equipos de AIDITEX. En la Tabla 20 se muestran las líneas con las que se diferencia en el recorrido de cada producto.

Tabla 20. Representación de líneas de recorrido

Producto	Representación	Ilustración
SA-001	Línea Azul	
CA-BL-001	Línea Verde	

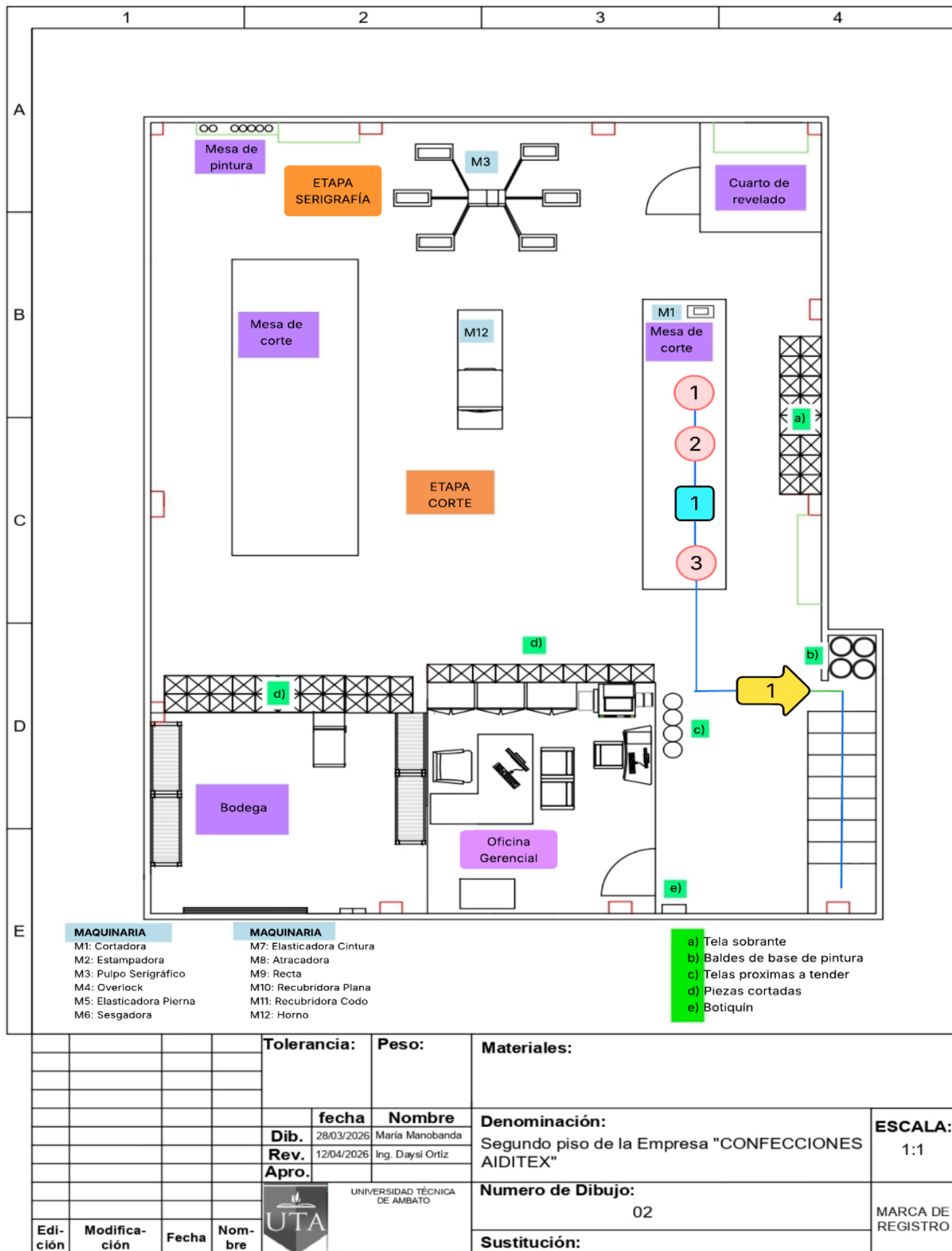


Figura 14. Diagrama de Recorrido Segundo Piso de SA-001



La ruta común corresponde a las operaciones de corte desarrolladas en el segundo piso, mientras que la ruta diferenciada incorpora procesos complementarios cuando el producto lo requiere.

El recorrido habitual representa la preparación de tela, el tendido, el trazado, el corte y el traslado de piezas hacia la planta baja. Para los productos que requieren operaciones complementarias, como CA-BL-001, el recorrido incorpora actividades adicionales relacionadas con serigrafía y secado antes de continuar hacia confección. Esta representación permite evidenciar la separación física entre corte, procesos complementarios y las áreas principales de confección, empaque y almacenamiento.

b. Diagrama de recorrido del Primer Piso

En la Figura 16 y Figura 17 se presenta la continuación del recorrido actual de los materiales en la planta baja para los productos representativos SA-001 y CA-BL-001.



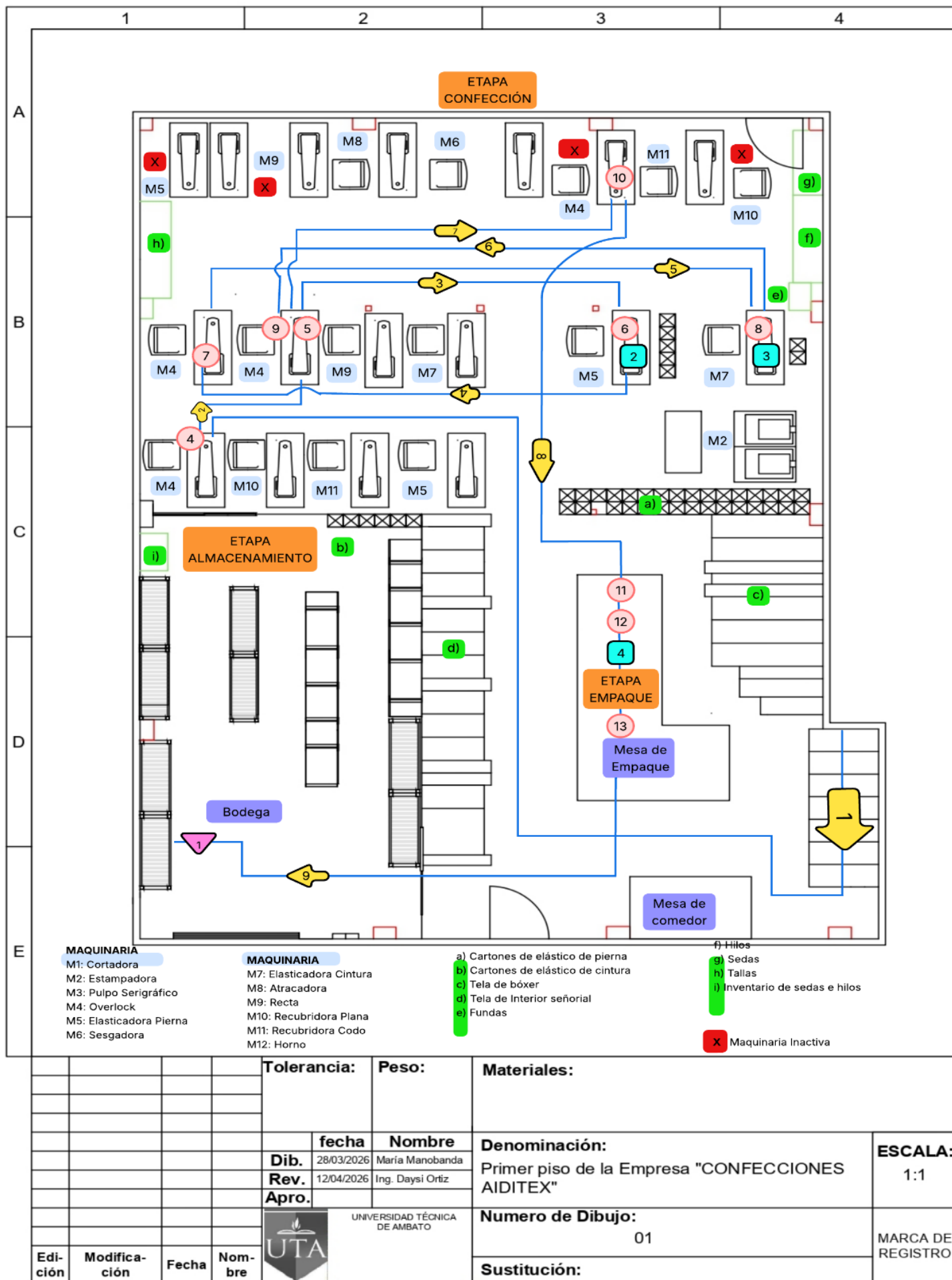


Figura 17. Diagrama de Recorrido Primer Piso CA-BL-001

Esta representación permite visualizar los desplazamientos entre confección, acabado, empaque, almacenamiento y bodega, así como la existencia de cruces de flujo, retornos y trayectorias prolongadas dentro del área productiva.

c. Cálculo de la capacidad diaria

La Tabla 21 resume los datos técnicos de los productos representativos utilizados en el análisis de recorrido actual. Donde: Producto Representativo (PR), Familia (F), Operaciones (O), Inspecciones (I), Transporte (T), Actividades Totales (AT), Tiempo Estándar del Cuello de Botella (TCB), Distancia (D), Capacidad Diaria (CD).

Al determinar el tiempo estándar del cuello de botella se consideraron diversos factores. En la Familia 1, se identifica que el proceso de corte sería el cuello de botella con un tiempo de 0,55 min/unidad, sin embargo, esta operación se realiza únicamente los fines de semana, por lo que no afecta la producción diaria en planta, por consiguiente, se ha utilizado el valor de 0.44 min que es el de la operación cuello de botella que si influye en el tiempo productivo de la planta. De manera similar, en la Familia 2, la actividad que constituye el cuello de botella corresponde a la serigrafía, con un tiempo de 0,589 min/unidad, pero como en el caso de la Familia 1, se determinó el tiempo de 0.47min del cuello de botella.

A continuación, se presenta la capacidad diaria de la Familia 1, mediante el análisis de los datos obtenidos y la aplicación de la Ecuación 19.

Tiempo Disponible = 480 min

Tiempo de Paro Planificado (almuerzo) = 30 min

Tiempo Productivo = 480 min – 30 min = 450 min

$$\text{Capacidad diaria} = \frac{\text{Tiempo disponible diario}}{\text{Ts cuello de botella}} \quad (19)$$

$$\text{Capacidad diaria} = \frac{450 \text{ minuto/día}}{0.44 \text{ minuto/unidad}}$$

$$\text{Capacidad diaria} = 1022.72 \approx 1023 \text{ unidad/día}$$

$$\text{Capacidad diaria} = \frac{1023 \text{ unidad/día}}{12 \text{ unidad/docena}}$$

$$\text{Capacidad diaria} = 85.25 \approx 86 \text{ docenas/día}$$

Tabla 21. Resumen del recorrido actual de los productos representativos

PR	F	O	I	T	AT	D (m)	TCB (min/uni)	CD (u/día)	CD (doc/día)
SA-001	Familia 1	13	4	9	26	45.92	0.44	1023	86
CA-BL-001	Familia 2	15	5	10	30	73.07	0.47	943	79

Se determinó que el producto representativo SA-001 de la Familia 1, realiza 13 operaciones, 4 inspecciones y 9 transportes, con un total de 26 actividades y un recorrido de 45,92 m; su tiempo estándar del cuello de botella es 0,44 min por unidad, lo que permite una capacidad diaria de 1023 unidades, es decir, 86 docenas. Además, CA-BL-001 perteneciente a la Familia 2, realiza 15 operaciones, 5 inspecciones y 10 transportes, totalizando 30 actividades y un recorrido mayor de 73,07 m, con un tiempo estándar de cuello de botella de 0,47 min por unidad, resultando en 943 unidades diarias dando como resultado 79 docenas. Estos datos evidencian que la longitud del recorrido y la cantidad de transportes afectan directamente la capacidad de producción, resaltando la importancia de optimizar las rutas internas y la secuencia de operaciones para reducir tiempos improductivos y mejorar la eficiencia operativa de la planta.

3.7.3 Identificación de problemas en la distribución actual

Con base en el layout actual, los diagramas de recorrido y el resumen cuantitativo de los productos representativos, se identificaron los principales problemas asociados con la disposición física de las áreas, la ubicación de las máquinas y el desplazamiento de los materiales durante el proceso productivo. El análisis permitió evidenciar que la distribución actual no mantiene una secuencia completamente alineada con el flujo de fabricación, debido a la separación entre áreas relacionadas, la existencia de cruces de recorrido y la presencia de traslados innecesarios entre estaciones de trabajo.

En la Tabla 22 se sintetizan los problemas observados en la distribución actual de la planta.

Tabla 22. Problemas identificados en la distribución actual de la planta

N.º	Problema identificado	Evidencia observada en el layout y recorrido actual	Efecto en el proceso productivo
1	Separación física entre procesos relacionados	Las actividades de corte, revelado, serigrafía, secado en horno y ciertos insumos se ubican en el segundo piso, mientras que confección, empaque y almacenamiento final se desarrollan principalmente en la planta baja.	Incremento de traslados internos, pérdida de continuidad en el flujo y mayor tiempo de transporte de materiales.
2	Recorridos extensos entre áreas	El diagrama de recorrido muestra desplazamientos prolongados entre corte, confección, empaque, almacenamiento y procesos complementarios. El producto SA-001 registra una distancia actual de 45,92 m, mientras que CA-BL-001 alcanza 73,07 m debido a la incorporación de serigrafía, secado, sesgo, atracado y plastiflechado.	Aumento de tiempos improductivos, mayor esfuerzo operativo y presencia de actividades de transporte que no agregan valor directo al producto.
3	Cruces de flujo y contraflujos	Las rutas de movimiento representadas en el plano se intersectan en varios puntos, especialmente en el área de confección y en el trayecto hacia empaque, lo que evidencia cruces entre el producto en proceso, los operarios y las zonas de circulación.	Traslados innecesarios entre operaciones consecutivas, acumulación temporal de prendas y dificultad para mantener un flujo continuo.
4	Ubicación no secuencial de maquinaria	Las máquinas de confección no se encuentran organizadas completamente según la secuencia operativa de los productos representativos. SA-001 registra 13 operaciones y 4 inspecciones, mientras que CA-BL-001 registra 15 operaciones y 5 inspecciones. En ambos casos, el recorrido alterna entre máquinas y áreas que no siempre se ubican de forma consecutiva respecto al flujo del proceso.	Traslados innecesarios entre operaciones consecutivas, acumulación temporal de prendas y dificultad para mantener un flujo continuo.
5	Dispersión de materiales e insumos	El layout muestra materiales auxiliares y zonas de almacenamiento distribuidos en diferentes puntos de la planta.	Búsqueda de insumos, interrupciones en la jornada de trabajo y menor control visual del proceso.
6	Uso ineficiente del espacio disponible	La distribución combina áreas productivas, almacenamiento, empaque y circulación sin una delimitación completamente ordenada, lo que dificulta diferenciar zonas de trabajo, tránsito y acumulación temporal de materiales.	Limitación de movilidad, posible saturación de zonas de paso y menor aprovechamiento del área útil.

Los problemas identificados reflejan que la distribución actual responde principalmente a una organización empírica del espacio y no a una planificación técnica del flujo productivo. Esta condición se evidencia en los recorridos actuales de los productos representativos: SA-001 registra 45.92m, mientras que CA-BL-001

alcanza 73.07m. La mayor distancia de CA-BL-001 confirma que las operaciones complementarias generan desplazamientos adicionales dentro de la planta.

La planta presenta oportunidades de mejora relacionadas con la reducción de recorridos, la reorganización de máquinas según la secuencia de confección, la delimitación de zonas de almacenamiento y la mejora de la relación entre corte, confección, empaque y almacenamiento final. Estos hallazgos justifican la aplicación del método SLP en el apartado siguiente, ya que dicha metodología permite establecer relaciones de cercanía entre áreas, ordenar el flujo de materiales y diseñar una nueva distribución orientada a mejorar la eficiencia operativa de AIDITEX. Asimismo, este diagnóstico servirá como base para el dimensionamiento mediante el método de Guerchet, el balanceo de líneas combinado y el diseño de alternativas de layout.

3.8 Balanceo de líneas modular

El balanceo modular se aplica para organizar las operaciones de confección y empaque en bloques repetibles o módulos, considerando las diferentes familias de productos. Esta técnica permite agrupar operaciones similares de manera que los operarios y máquinas puedan atender varias tareas dentro de un módulo, manteniendo un flujo lineal y eficiente. Su implementación facilita la planificación de estaciones, asignación de recursos y adaptación de la planta ante variaciones en la demanda, asegurando que la eficiencia operativa se maximice sin necesidad de duplicar recursos o alterar la secuencia de producción.

Para este análisis se tomaron como referencia los productos SA-001 y CA-BL-001, debido a que representan los artículos principales de sus respectivas familias y permiten caracterizar las rutas operativas consideradas en el balanceo. El producto SA-001 corresponde a la Familia 1 y constituye la referencia de mayor representatividad económica. Por su parte, CA-BL-001 corresponde a la Familia 2 y permite incorporar operaciones diferenciadas, como serigrafía, secado, colocación de sesgo, atracado y colocación de etiqueta mediante plastiflecha.

3.8.1 Capacidad de Producción por Jornada

Se determina cuántas unidades de cada familia de productos pueden fabricarse durante una jornada laboral considerando los operarios disponibles y los tiempos estándar por unidad. Este cálculo permite planificar la carga de trabajo, dimensionar estaciones y garantizar que el flujo de producción sea continuo y eficiente. Se calcula a partir de la relación entre el tiempo disponible de trabajo diario y el número de unidades que se deben producir en ese periodo, en la Tabla 23 se refleja la capacidad real de la planta bajo condiciones normales de operación.

Tabla 23: Datos para el cálculo del balanceo

Operarios	5	operario
Turno Laboral	1	turno
Horas al día	8	horas
Minutos al día	480	min
Tiempo de Almuerzo	30	min
Tiempo Productivo	450	min
Familia 1		
Tiempo Estándar	2.57	min/uni
Minutos productivos en la jornada	2250	min*operarios
Unidades Jornada	874	uni
Familia 2		
Tiempo Estándar	2.77	min/uni
Min contra jornadas	2250	min*operarios
Unidades Jornada	813	uni

Los resultados muestran que la Familia 1 puede producir 874 unidades y la Familia 2, 813 unidades por jornada. Estos valores reflejan la capacidad máxima de los operarios y sirven como referencia asegurar que los recursos sean utilizados de manera óptima.

3.8.2 Restricciones de los Operarios

En la Tabla 24 se presenta la habilidad de cada operario dentro de la planta, indicando qué máquinas puede operar y su referencia como Operador 1 a 5. Esta información es

fundamental para la asignación de tareas, la planificación del flujo de trabajo y el balanceo de líneas, asegurando que cada operación se asigne únicamente a personal capacitado para ejecutarla.

Tabla 24. Restricciones

Referencia	Restricciones
Operador 1	Maneja solo overlocks
Operador 2	Maneja todas las máquinas
Operador 3	Maneja todas las máquinas
Operador 4	No maneja las elasticadoras
Operador 5	No maneja las elasticadoras Función: Empaque

Se evidenció que algunos operarios tienen restricciones específicas, estas influyen directamente en la asignación de tareas y la distribución de estaciones, ya que las operaciones deben asignarse únicamente a operarios habilitados, garantizando un flujo continuo y evitando cuellos de botella por falta de habilidad técnica.

3.8.3 Listado de Operaciones y Tiempos Estándar

En la Tabla 25 y Tabla 26 se muestran las operaciones necesarias para la confección y empaque de las prendas de la Familia 1 y Familia 2, indicando la secuencia de cada tarea, el tiempo estándar por unidad y la máquina o herramienta utilizada. Esta información sirve como base para calcular el tiempo de ciclo, asignar estaciones y dimensionar operarios, garantizando que la línea funcione de manera equilibrada y respetando las precedencias de las operaciones.

Tabla 25 Operaciones y Maquinaria SA-001

Área	Actividad	Tarea	Tiempo estándar (min/uni)	Tarea predecesora	Máquina/Herramienta
Confección	Fundillado trasera	A	0.37	-	Overlock
	Fundillado delantera	B	0.36	A	Overlock
	Colocación de elástico de pierna	C	0.44	B	Elasticadora de Pierna

Área	Actividad	Tarea	Tiempo estándar (min/uni)	Tarea predecesora	Máquina/Herramienta
	Cerrado primer lado (colocación de talla)	D	0.30	C	Overlock
	Colocación de elástico de cintura	E	0.20	D	Elasticadora de Cintura
	Cerrado segundo lado	F	0.30	E	Overlock
	Recubrir cintura	G	0.24	F	Recubridora
Empaque	Pegar flor (parte frontal del recubierto)	H	0.07	G	Pistola de Silicona
	Doblar el interior finalizado	I	0.20	H	-
	Empacar la docena en su funda correspondiente	J	0.10	I	-
TOTAL			2.57		

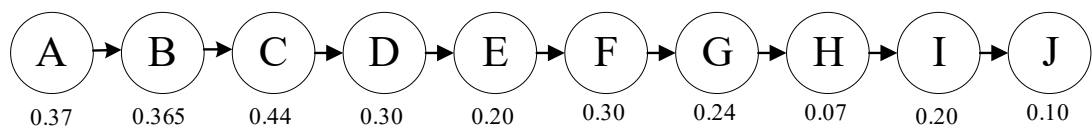
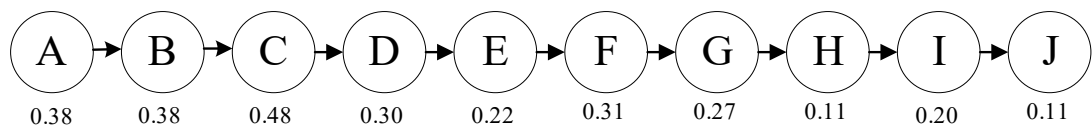


Tabla 26. Operaciones y Maquinaria CA-BL-001

Área	Actividad	Tarea	Tiempo estándar (min/uni)	Tarea predecesora	Máquina/Herramientas
Confección	Fundillado trasera	A	0.38	-	Overlock
	Fundillado delantera	B	0.38	A	Overlock
	Colocación de sesgo en pierna	C	0.48	B	Sesgadora
	Cerrado primer lado (colocación de talla)	D	0.30	C	Overlock
	Colocación de sesgo en cintura	E	0.22	D	Sesgadora
	Cerrado segundo lado	F	0.31	E	Overlock
	Atracado de la prenda	G	0.27	F	Atracadora
Empaque	Colocar plastiflecha	H	0.11	G	Plastiflecha

Área	Actividad	Tarea	Tiempo estándar (min/uni)	Tarea predecesora	Máquina/Herramientas
	Doblar el interior finalizado	I	0.20	H	-
	Empacar la docena en su caja correspondiente	J	0.11	I	-
TOTAL			2.77		



Se determinó que la Familia 1 tiene operaciones críticas como Fundillado y Cerrado de lados que requieren máquinas Overlock, mientras que en la Familia 2 tiene operaciones de sesgado no elasticado ni recubrimiento, sino usan máquinas específicas. Los tiempos estándar suman un total de 2.57 min/unidad y 2.77 min/unidad, lo que permite estimar la capacidad diaria de producción según los operarios disponibles. Este detalle es clave para el balanceo de línea modular, la distribución de celdas y la planificación de estaciones, ya que asegura que cada operario y máquina esté correctamente asignado según sus capacidades y limitaciones técnicas.

3.8.4 Minutos Disponibles de Producción

En la Tabla 27 se presenta la columna de Minutos Necesarios para la Familia 1, indicando el tiempo total requerido por cada operación considerando las unidades a producir. De manera similar, en la Tabla 28 se detalla la misma información para la Familia 2. Estas tablas permiten evaluar la carga de trabajo real de cada operación, dimensionar las estaciones y asegurar una correcta asignación de operarios dentro del balanceo modular.

Tabla 27 se presenta la columna de Minutos Necesarios para la Familia 1, indicando el tiempo total requerido por cada operación considerando las unidades a producir. De manera similar, en la Tabla 28 se detalla la misma información para la Familia 2. Estas

tablas permiten evaluar la carga de trabajo real de cada operación, dimensionar las estaciones y asegurar una correcta asignación de operarios dentro del balanceo modular.

Tabla 27. Minutos Disponibles de Producción SA-001

Área	Actividad	Tarea	Tiempo estándar (min/uni)	Tarea predecesora	Máquina/Herramienta	Min Disponibles
Confección	Fundillado trasera	A	0.37	-	Overlock	322.66
	Fundillado delantera	B	0.36	A	Overlock	315.88
	Colocación de elástico de pierna	C	0.44	B	Elasticadora de Pierna	384.96
	Cerrado primer lado (colocación de talla)	D	0.30	C	Overlock	257.86
	Colocación de elástico de cintura	E	0.20	D	Elasticadora de Cintura	171.61
	Cerrado segundo lado	F	0.30	E	Overlock	262.25
	Recubrir cintura	G	0.24	F	Recubridora	213.60
Empaque	Pegar flor (parte frontal del recubierto)	H	0.07	G	Pistola de Silicona	59.75
	Doblar el interior finalizado	I	0.20	H	-	173.18
	Empacar la docena en su funda correspondiente	J	0.10	I	-	88.25
TOTAL			2.57			2250.00

Tabla 28. Minutos Necesarios de Producción CA-BL-001

Área	Actividad	Tarea	Tiempo estándar (min/uni)	Tarea predecesora	Máquina/Herramientas	Min Disponibles
Confección	Fundillado trasera	A	0.38	-	Overlock	312.14
	Fundillado delantera	B	0.38	A	Overlock	306.64
	Colocación de sesgo en pierna	C	0.48	B	Sesgadora	387.42

Área	Actividad	Tarea	Tiempo estándar (min/uni)	Tarea predecesora	Máquina/Herramientas	Min Disponibles
	Cerrado primer lado (colocación de talla)	D	0.30	C	Overlock	246.37
	Colocación de sesgo en cintura	E	0.22	D	Sesgadora	182.29
	Cerrado segundo lado	F	0.31	E	Overlock	250.60
	Atracado de la prenda	G	0.27	F	Atracadora	219.72
Empaque	Colocar plastiflecha	H	0.11	G	Plastiflecha	88.13
	Doblar el interior finalizado	I	0.20	H	-	163.99
	Empacar la docena en su caja correspondiente	J	0.11	I	-	92.71
TOTAL			2.77			2250.00

La columna de Minutos Disponible permite identificar las cargas reales de cada operación, dimensionar las estaciones y asignar los operarios adecuadamente. Por ejemplo, la operación de colocación de elástico de pierna requiere 384,96 minutos. Este detalle es esencial para el balanceo modular, la distribución celular y la planificación de estaciones, asegurando un flujo continuo y eficiente de la producción.

3.8.5 Puestos Teóricos de cada Operación

En la Tabla 29 (Familia 1) y la Tabla 30 (Familia 2) se presenta la columna de Puestos Teóricos, que indica el número estimado de operarios necesarios para ejecutar cada operación considerando los tiempos estándar y la carga de trabajo de la jornada. Esta información permite planificar la asignación de personal, dimensionar estaciones y anticipar posibles cuellos de botella en la línea de producción, asegurando un equilibrio eficiente entre operarios y tareas.

Tabla 29. Puestos Teóricos SA-001

Área	Actividad	Tarea	Tiempo estándar (min/uni)	Tarea predeces.	Máquina/Herramie.	Min Disponibles	Puestos teóricos
Confección	Fundillado trasera	A	0.37	-	Overlock	322.66	0.717

Área	Actividad	Tarea	Tiempo estándar (min/uni)	Tarea predeces.	Máquina/Herramie.	Min Disponibles	Puestos teóricos
	Fundillado delantera	B	0.36	A	Overlock	315.88	0.702
	Colocación de elástico de pierna	C	0.44	B	Elasticadora de Pierna	384.96	0.855
	Cerrado primer lado (colocación de talla)	D	0.30	C	Overlock	257.86	0.573
	Colocación de elástico de cintura	E	0.20	D	Elasticadora de Cintura	171.61	0.381
	Cerrado segundo lado	F	0.30	E	Overlock	262.25	0.583
	Recubrir cintura	G	0.24	F	Recubridora	213.60	0.475
Empaque	Pegar flor (parte frontal del recubierto)	H	0.07	G	Pistola de Silicona	59.75	0.133
	Doblar el interior finalizado	I	0.20	H	-	173.18	0.385
	Empacar la docena en su funda correspondiente	J	0.10	I	-	88.25	0.196
TOTAL			2.57			2250.00	5.00

Tabla 30. Puestos Teóricos CA-BL-001

Área	Actividad	Tarea	Tiempo estándar (min/uni)	Tarea predeces.	Máquina/Herramie.	Min Disponibles	Puestos teóricos
Confección	Fundillado trasera	A	0.38	-	Overlock	312.14	0.694
	Fundillado delantera	B	0.38	A	Overlock	306.64	0.681
	Colocación de sesgo en pierna	C	0.48	B	Sesgadora	387.42	0.861
	Cerrado primer lado (colocación de talla)	D	0.30	C	Overlock	246.37	0.547
	Colocación de sesgo en cintura	E	0.22	D	Sesgadora	182.29	0.405
	Cerrado segundo lado	F	0.31	E	Overlock	250.60	0.557

Área	Actividad	Tarea	Tiempo estándar (min/uni)	Tarea predeces.	Máquina/Herramie.	Min Disponibles	Puestos teóricos
	Atracado de la prenda	G	0.27	F	Atracadora	219.72	0.488
Empaque	Colocar plastiflecha	H	0.11	G	Plastiflecha	88.13	0.196
	Doblar el interior finalizado	I	0.20	H	-	163.99	0.364
	Empacar la docena en su caja correspondiente	J	0.11	I	-	92.71	0.206
TOTAL			2.77			2250.00	5.00

Los Puestos Teóricos refleja la carga relativa de cada operación sobre los operarios disponibles. Por ejemplo, operaciones como colocación de elástico de pierna (0,855 puestos teóricos) y Fundillado trasera (0,717 puestos teóricos) requieren mayor dedicación, indicando que se necesita una atención prioritaria o más de un operario si la operación se repite. Esta información es clave para planificar las estaciones y garantizar un equilibrio en la línea, evitando sobrecarga en ciertas operaciones y maximizando la eficiencia operativa.

3.8.6 Asignación de Operarios Reales

En la Tabla 31 y Tabla 32 se presentan los puestos reales asignados a cada operación para la Familia 1 y 2, mostrando cómo se distribuyeron las tareas entre los cinco operarios disponibles, considerando el tiempo de ocupación y respetando las restricciones de habilidad de cada uno. Esta información permite visualizar cómo los operarios cubren las operaciones críticas y cómo se balancea la línea de manera práctica dentro de la capacidad y habilidades del personal.

Tabla 31. Asignación operarios SA-001

Área	Actividad	Tarea	Tiempo estándar (min/uni)	Tarea predecesora	Máquina/Herramienta	Min Disponible	Puestos teóricos	Puestos reales
Confección	Fundillado trasera	A	0.37	-	Overlock	322.66	0.717	Operador 1
	Fundillado delantera	B	0.36	A	Overlock	315.88	0.702	Operador 4
	Colocación de elástico de pierna	C	0.44	B	Elasticadora de Pierna	384.96	0.855	Operador 2
	Cerrado primer lado (colocación de talla)	D	0.30	C	Overlock	257.86	0.573	Operador 1 Operador 4
	Colocación de elástico de cintura	E	0.20	D	Elasticadora de Cintura	171.61	0.381	Operador 3
	Cerrado segundo lado	F	0.30	E	Overlock	262.25	0.583	Operador 3
	Recubrir cintura	G	0.24	F	Recubridora	213.60	0.475	Operador 5
Empaque	Pegar flor (parte frontal del recubierto)	H	0.07	G	Pistola de Silicona	59.75	0.133	Operador 2
	Doblar el interior finalizado	I	0.20	H	-	173.18	0.385	Operador 5
	Empacar la docena en su funda correspondiente	J	0.10	I	-	88.25	0.196	Operador 5
TOTAL			2.57			2250.00	5.00	

Tabla 32. Asignación operarios CA-BL-001

Área	Actividad	Tarea	Tiempo estándar (min/uni)	Tarea predecesora	Máquina/Herramientas	Min Disponible	Puestos teóricos	Puestos reales
Confección	Fundillado trasera	A	0.38	-	Overlock	312.14	0.694	1
	Fundillado delantera	B	0.38	A	Overlock	306.64	0.681	4
	Colocación de sesgo en pierna	C	0.48	B	Sesgadora	387.42	0.861	2
	Cerrado primer lado (colocación de talla)	D	0.30	C	Overlock	246.37	0.547	1--4
	Colocación de sesgo en cintura	E	0.22	D	Sesgadora	182.29	0.405	3
	Cerrado segundo lado	F	0.31	E	Overlock	250.60	0.557	3
	Atracado de la prenda	G	0.27	F	Atracadora	219.72	0.488	5
Empaque	Colocar plastiflecha	H	0.11	G	Plastiflecha	88.13	0.196	2
	Doblar el interior finalizado	I	0.20	H	-	163.99	0.364	5
	Empacar la docena en su caja correspondiente	J	0.11	I	-	92.71	0.206	5
TOTAL			2.77			2250.00	5.00	

La columna de Puestos Reales muestra cómo se repartieron las operaciones entre los 5 operarios disponibles, respetando sus restricciones de habilidad y asegurando que cada operario trabaje a su capacidad máxima. Un mismo operario puede encargarse de más de un proceso dentro de la línea, mientras que ninguna operación se asigna a alguien que no tenga la habilidad para realizarla. Por ejemplo, un operario puede

realizar Fundillado trasera y luego pasar a otra operación como Cerrado primer lado, permitiendo que la carga total de trabajo se distribuya de manera eficiente entre los 5 empleados, manteniendo un flujo continuo y evitando sobrecarga o tiempos ociosos en la línea de producción.

3.8.7 Utilización de Operarios

En la Tabla 33 correspondiente a la Familia 1 y la Tabla 34 , siendo la Familia 2, se presenta la utilización de cada operario, mostrando cómo se distribuyen las operaciones entre los cinco empleados disponibles y el valor de participación de cada tarea. Esta información permite evaluar la eficiencia individual de los operarios, garantizar que trabajen a su capacidad y respetar las restricciones de habilidad de cada uno.

Tabla 33. Operarios SA-001

Operario	Operación	Valor de participación	Utilización de cada operario
1	A	0.72	1
	D	0.29	
2	C	0.86	1
	H	0.13	
3	E	0.381	1
	F	0.583	
4	B	0.70	1
	D	0.29	
5	G	0.47	1
	I	0.38	
	J	0.196	
		5.00	

Tabla 34. Operarios CA-BL-001

Operario	Operación	Valor de participación	Utilización de cada operario
1	A	0.69	1
	D	0.27	
2	C	0.86	1
	H	0.20	

Operario	Operación	Valor de participación	Utilización de cada operario
3	E	0.405	1
	F	0.557	
4	B	0.68	1
	D	0.27	
5	G	0.49	1
	I	0.36	
	J	0.206	
		5.00	

Las tablas reflejan que cada operario se mantiene completamente ocupado, es decir, utilización=1, mientras realiza varias operaciones secuenciales dentro de la línea ya que cada una de las dos familias se confecciona por separado. Por ejemplo, el Operario 1 ejecuta la operación A y posteriormente la D en la Familia 1, asegurando un flujo continuo. El valor de participación indica la proporción de tiempo que cada tarea representa sobre la jornada del operario, ayudando a identificar qué operaciones son más demandantes. Esta asignación permite maximizar la eficiencia de la línea, equilibrar la carga entre los operarios y asegurar que todas las operaciones se realicen respetando las capacidades y restricciones individuales, evitando cuellos de botella o tiempos ociosos.

a. Alternativas de ubicación para la Familia 1

En la Figura 18 se presentan dos alternativas de distribución de máquinas y operarios en el área de confección y empaque para la Familia 1. Cada alternativa muestra cómo se ubican las estaciones de trabajo considerando la secuencia de operaciones y la asignación de operarios, con el objetivo de optimizar el flujo de producción y minimizar recorridos internos.

ALTERNATIVA A				
1		4		
A	D	B	D	
	2		3	
	C	H	E	F
	5	G		
		I		
		J		

ALTERNATIVA B					
		2	C	3	E
5	G		H		F
	I	4	B	1	A
	J		D		D

Figura 18. Alternativas SA-001

La alternativa A organiza las operaciones agrupando tareas similares en las primeras estaciones, mientras que la alternativa B prioriza la continuidad de flujo según la secuencia de producción, buscando reducir los cruces y los tiempos de traslado. Comparar estas alternativas permite evaluar cuál distribución mejora la eficiencia de la línea, facilita la supervisión de operarios y asegura que las estaciones críticas cuenten con los recursos necesarios. Este análisis servirá como base para implementar la distribución final de la Familia 1 y orientar la planificación de la Familia 2 siguiendo criterios similares de eficiencia y flujo.

b. Alternativas de ubicación para la Familia 2

En la Figura 19 se presentan dos alternativas de distribución de la Familia 1, destacando con color amarillo aquellas operaciones que utilizan la misma máquina en diferentes módulos, pero que serán operadas por dos operarias que se turnan. Esta estrategia permite aprovechar los recursos limitados de la planta sin duplicar la maquinaria, respetando la secuencia de operaciones y la capacidad de cada operario.

ALTERNATIVA A				
1		4		
A	D	B	D	
	2		3	
	H	C	E	F
	5	G		
		I		
		J		

ALTERNATIVA B					
5	G	2		3	
	I	H	C	E	F
	J	4	B	1	A
	D		D		

Figura 19. Alternativas CA-BL-001

El subrayado amarillo indica que las operaciones C y E, aunque aparecen en módulos distintos, comparten la misma máquina y deben ser atendidas por operarias diferentes de manera alternada. Esta asignación asegura que la producción se mantenga continua, evita cuellos de botella y optimiza la utilización del recurso crítico. Además, permite mantener un flujo lineal y eficiente, maximizando la capacidad de los operarios y garantizando que la línea cumpla con la demanda diaria sin incrementar la cantidad de máquinas.

3.9 Diseño de la nueva distribución de la planta aplicando método SLP

Para el diseño de la nueva distribución de planta se aplicó la metodología de Planificación Sistemática de la Distribución, conocida como SLP, con el propósito de ordenar las áreas productivas y de apoyo de AIDITEX en función del flujo de materiales, las relaciones de proximidad entre procesos y los requerimientos de espacio de la maquinaria. La propuesta consideró la formación de familias de productos, el análisis ABC y las rutas productivas de los productos representativos SA-001 y CA-BL-001, de modo que el rediseño responda a un sistema basado en familias de productos y rutas diferenciadas, no únicamente a una sola referencia.

3.9.1 Análisis de flujo de materiales

El análisis de flujo de materiales permitió identificar la secuencia que siguen los insumos, las piezas cortadas, las prendas en proceso y el producto terminado dentro del sistema productivo de AIDITEX. Para ello, se consideró el producto SA-001 como referencia principal de la Familia 1, debido a su mayor representatividad económica, y el producto CA-BL-001 como referencia de contraste de la Familia 2, ya que incorpora operaciones diferenciadas como serigrafía, secado, colocación de sesgo, atracado y plastiflechado.

A partir de este análisis, se establece en la Figura 20 una secuencia de flujo por familias de productos, la cual integra operaciones comunes y operaciones específicas de cada familia. Esta lógica permite que los productos avancen siempre hacia adelante dentro del flujo, evitando retornos innecesarios y reduciendo la repetición de operaciones dentro de la distribución propuesta.

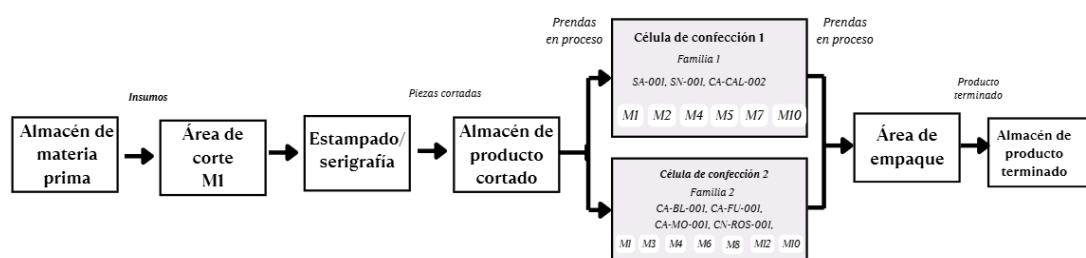


Figura 20. Secuencia de flujo por familias para el análisis de materiales.

En la Tabla 35 se presentan las áreas funcionales consideradas para el análisis de flujo dentro del método SLP.

Tabla 35. Áreas funcionales consideradas en el método SLP

N.º	Área funcional	Función dentro del proceso
1	Almacén de materia prima	Resguardar tela, hilos, elásticos, sesgos y demás insumos requeridos para la producción.
2	Área de alimentación del Personal	Área de apoyo que no participa directamente en el flujo de transformación del producto.
3	Área de corte	Realizar tendido, trazado y corte de las piezas que conforman las prendas.
4	Almacén de producto cortado	Mantener temporalmente las piezas cortadas antes de su ingreso a confección.
5	Célula de confección 1	Ejecutar operaciones principales de confección de la Familia 1.
6	Célula de confección 2	Ejecutar operaciones de confección de la Familia 2 y productos con rutas complementarias.
7	Área de estampado	Realizar operaciones de estampado o serigrafía cuando el producto lo requiere.
8	Área de empaque	Doblar, organizar y empacar las prendas terminadas.
9	Almacén del producto terminado	Resguardar las prendas empacadas antes de su despacho.
10	Oficina administrativa	Coordinar actividades de gestión, supervisión y control administrativo.
11	Área de sublimado	Ejecutar operaciones complementarias asociadas con sublimado o procesos especiales.

El flujo principal inicia en el almacén de materia prima, desde donde los insumos pasan al área de corte. En esta área se realizan las operaciones de tendido, trazado y corte de piezas. Posteriormente, el producto cortado se almacena temporalmente y se distribuye hacia la célula de confección correspondiente, según la familia del producto.

La Célula de confección 1 se orienta a los productos de la Familia 1, integrada por SA-001, SN-001 y CA-CAL-002. Por su parte, la Célula de confección 2 se orienta a los productos de la Familia 2, integrada por CA-BL-001, CA-FU-001, CA-MO-001 y CN-

ROS-001. Esta separación permite organizar las operaciones de acuerdo con rutas similares y, al mismo tiempo, mantener flexibilidad para atender productos que requieren procesos especiales.

En los productos que requieren operaciones adicionales, el flujo incorpora áreas complementarias como estampado o serigrafía, sublimado, secado y plastiflechado, según la ruta específica del producto. Una vez concluida la confección y, cuando corresponde, las operaciones complementarias, las prendas pasan al área de empaque y finalmente al almacén de producto terminado. Esta secuencia permite establecer una distribución progresiva, con menor cantidad de cruces y mayor control del producto en proceso.

3.9.2 Razones de cercanía entre áreas

Las razones de clasificación se definieron para justificar técnicamente la cercanía o separación entre las áreas de la planta. Estos criterios permiten interpretar por qué dos áreas deben ubicarse próximas, moderadamente cercanas o separadas dentro de la nueva distribución.

En la Tabla 36 se presentan los motivos utilizados para valorar las relaciones entre áreas dentro del método SLP.

Tabla 36. Razones de cercanía entre áreas para el análisis SLP

Código	Motivo
1	Continuidad de la secuencia del proceso productivo
2	Flujo constante y eficiente de materiales
3	Reducción de recorridos y tiempos de transporte
4	Facilidad de supervisión y control operativo
5	Aprovechamiento y optimización del espacio disponible
6	Abastecimiento rápido de materiales e insumos

La definición de estas razones permite sustentar la matriz relacional de áreas. En el caso de AIDITEX, la prioridad se concentra en mantener una secuencia ordenada entre almacén de materia prima, corte, producto cortado, células de confección, empaque y almacén de producto terminado. Asimismo, se consideran relaciones específicas con áreas de estampado o serigrafía, sublimado y procesos complementarios, debido a que

estas operaciones no intervienen en todos los productos, pero sí forman parte del flujo de determinadas referencias.

3.9.3 Relaciones entre áreas

Las relaciones entre áreas se determinaron mediante la escala de proximidad del método SLP. Esta escala se muestra en la Tabla 37 y permite jerarquizar la importancia de cercanía entre departamentos, considerando la continuidad del proceso, el flujo de materiales, el control operativo y las condiciones específicas de cada área.

Tabla 37. Códigos de proximidad aplicados en el método SLP

Código	Relación de proximidad	Interpretación
A	Absolutamente necesaria	Las áreas deben ubicarse juntas o con conexión directa.
E	Especialmente importante	Las áreas deben mantenerse cercanas, aunque no necesariamente contiguas.
I	Importante	La cercanía resulta conveniente para mejorar el flujo o facilitar actividades de apoyo.
O	Ordinaria	La cercanía puede aceptarse, pero no representa una condición prioritaria.
X	Indeseable	Las áreas deben mantenerse separadas por interferencias operativas, seguridad u orden.
XX	Muy indeseable	La cercanía debe evitarse por incompatibilidad funcional o alto riesgo de interferencia.

A partir de las once áreas funcionales definidas para AIDITEX, se construyó la matriz relacional. Esta herramienta permitió identificar las relaciones prioritarias, las relaciones de apoyo y las restricciones de cercanía que deben considerarse en la propuesta de layout. En la Figura 21 se presenta la matriz relacional de áreas aplicada al método SLP.

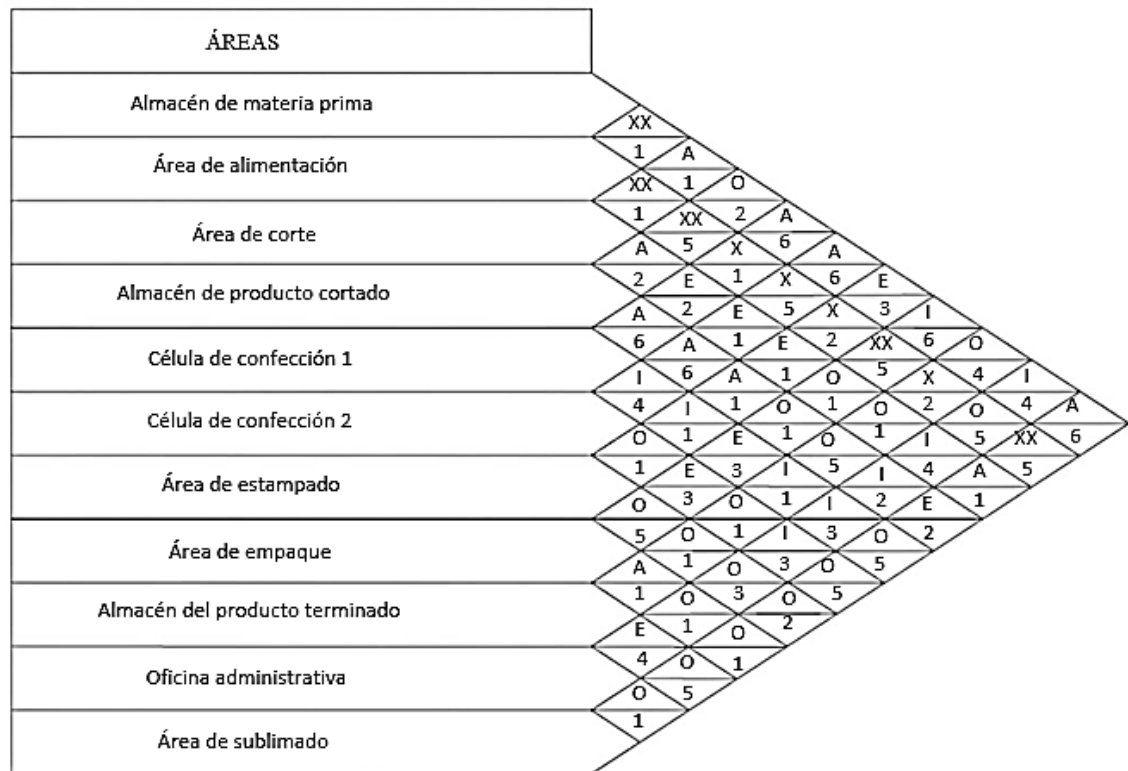


Figura 21. Matriz relacional de áreas aplicada al método SLP

En la Tabla 38 se resumen las combinaciones de proximidad identificadas en la matriz SLP.

Tabla 38. Combinaciones de proximidad entre áreas

Calificación	Combinaciones
A	(1,3), (1,5), (1,6), (1,11), (3,4), (3,11), (4,5), (4,6), (4,7), (8,9)
E	(1,7), (3,5), (3,6), (3,7), (4,11), (5,8), (6,8), (9,10)
I	(1,8), (1,10), (3,10), (4,10), (5,6), (5,7), (5,9), (5,10), (6,10)
O	(1,4), (1,9), (2,10), (3,8), (3,9), (4,8), (4,9), (5,11), (6,7), (6,9), (6,11), (7,8), (7,9), (7,10), (7,11), (8,10), (8,11), (9,11), (10,11)
X	(2,5), (2,6), (2,7), (2,9)
XX	(1,2), (2,3), (2,4), (2,8), (2,11)

El análisis de relaciones evidencia que la propuesta de distribución no debe organizarse como una línea simple de cinco áreas, sino como una estructura basada en áreas productivas, áreas de apoyo y células de confección. Las relaciones de mayor prioridad

permiten identificar qué zonas deben mantenerse próximas para sostener la continuidad operativa y reducir recorridos.

Las combinaciones con calificación A representan relaciones de cercanía absolutamente necesarias. Estas relaciones orientan la ubicación del almacén de materia prima respecto al área de corte, las células de confección y las áreas complementarias. También refuerzan la necesidad de proximidad entre corte y almacén de producto cortado, así como entre empaque y almacén de producto terminado.

Las relaciones con calificación E e I representan vínculos funcionales importantes. Estas relaciones permiten integrar áreas que no siempre requieren contacto directo, pero que sí necesitan una cercanía razonable para mejorar la supervisión, reducir tiempos de transporte o facilitar el flujo de prendas en proceso.

Por otra parte, las relaciones calificadas como X y XX establecen restricciones para el diseño. Estas combinaciones indican áreas que no deben ubicarse juntas, debido a posibles interferencias funcionales, necesidades de orden o separación entre actividades productivas y áreas de apoyo. Para mejorar la legibilidad del diagrama relacional, se representaron las relaciones de cercanía prioritarias y se excluyeron gráficamente las relaciones XX, debido a que corresponden a restricciones de separación muy indeseables. No obstante, estas relaciones se mantienen registradas en la matriz SLP y en la tabla de combinaciones de proximidad. Por tanto, la matriz relacional constituye la base para elaborar el diagrama de relaciones y orientar la propuesta del nuevo layout. En la Figura 22 se muestra de manera mas visual el diagrama relacional entre áreas.

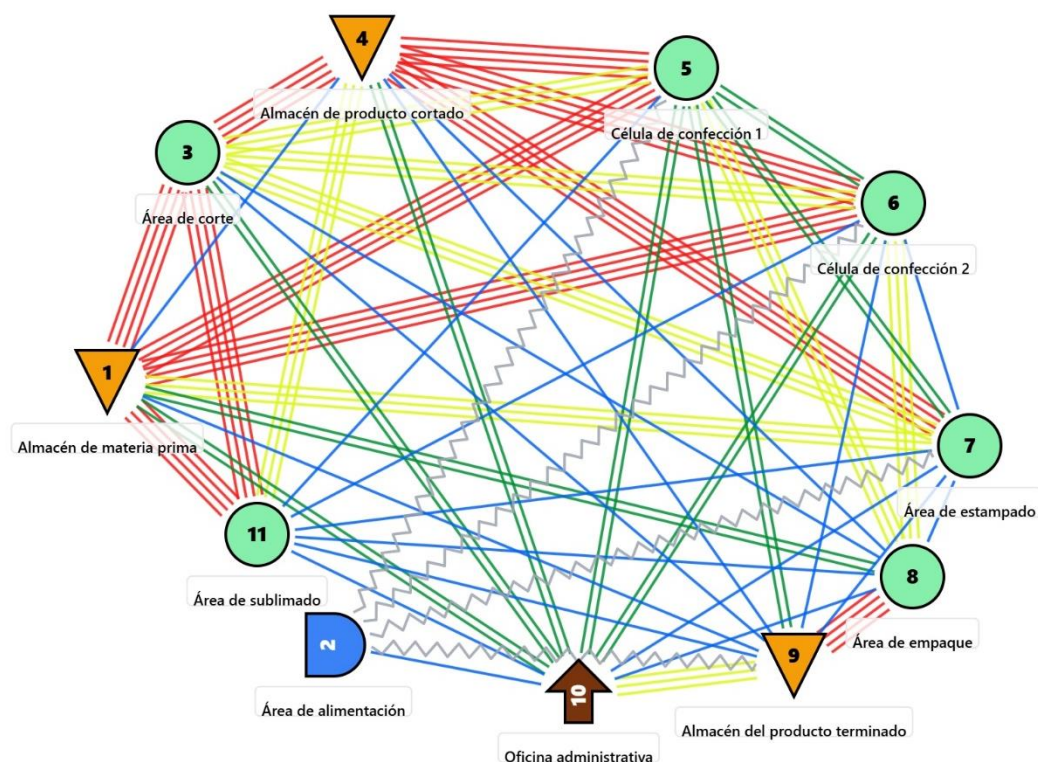


Figura 22. Diagrama relacional inicial de áreas

3.10 Dimensionamiento del espacio mediante el método Guerchet

El dimensionamiento del espacio se realizó mediante el método de Guerchet, con el propósito de determinar la superficie requerida para la ubicación funcional de la maquinaria utilizada en la planta de AIDITEX. Este método permite calcular el área necesaria para cada equipo, considerando la superficie ocupada por la máquina, el espacio requerido para el trabajo del operario y la superficie de circulación o evolución.

Para la aplicación del método se utilizaron las dimensiones reales de los equipos recopiladas mediante el levantamiento de información en planta. Los datos se encuentran expresados en metros e incluyen el código de la máquina, la cantidad de equipos, el número de lados de uso, el largo, el ancho y la altura en el Anexo F.

3.10.1 Establecer las superficies

En la Tabla 39 se muestra el método de Guerchet considera las siguientes superficies:

Tabla 39. Superficies consideradas en el método de Guerchet

Símbolo	Superficie	Descripción
(S_s)	Superficie estática	Área física ocupada por la máquina o equipo sobre el piso.
(S_g)	Superficie de gravitación	Área requerida para que el operario trabaje alrededor del equipo.
(S_e)	Superficie de evolución	Área destinada al desplazamiento de operarios, materiales y circulación entre estaciones.
(S_t)	Superficie total	Área total requerida para cada tipo de máquina, considerando la cantidad existente.

Las ecuaciones aplicadas fueron las siguientes:

$$S_s = 1 \times a \quad (1)$$

$$S_g = S_s \times N \quad (2)$$

$$S_e = (S_s + S_g) \times K \quad (3)$$

$$S_t = n(S_s + S_g + S_e) \quad (4)$$

Para el caso del Pulpo Serigráfico M3, la superficie estática se calculó mediante la Ecuación 5 del área circular, debido a que el equipo presenta una geometría circular y registra un diámetro de 2.50 m. Por tanto, se consideró un radio de 1.25 m para el cálculo.

$$S_s = \pi r^2 \quad (5)$$

$$s_s = \pi(1.25)^2 = 4.91 \text{ m}^2$$

Esa fórmula se aplica al ser una maquinaria con diámetro, pero al ser una maquinaria con medidas en sus lados como ejemplo aplicado a Overlock se aplica la Ecuación 1. Después de ello continua las siguientes ecuaciones.

$$S_s = 1 \times a \quad (1)$$

$$S_s = 0.15\text{m} \times 0.25\text{m} = 0.648 \text{ m}^2$$

En este equipo se aplicó $N = 6$, debido a que el Pulpo Serigráfico presenta seis lados o estaciones utilizables durante la operación. Bajo este criterio, la superficie de gravitación se calculó como:

$$S_g = S_s \times N \quad (2)$$

$$S_g = 4.91 \times 6 = 29.45 \text{ m}^2$$

Posteriormente, la superficie de evolución se calculó aplicando el coeficiente $K=0,7057$:

$$S_e = (S_s + S_g) \times K \quad (3)$$

$$S_e = (4.91 + 29.45) \times 0.7057 = 24.25 \text{ m}^2$$

Finalmente, la superficie total del Pulpo Serigráfico se determinó de la siguiente manera:

$$S_t = n(S_s + S_g + S_e) \quad (4)$$

$$S_t = 1 (4.91 + 29.45 + 24.25) = 58.61 \text{ m}^2$$

De esta manera, el Pulpo Serigráfico M3 representa el equipo con mayor requerimiento de área dentro del dimensionamiento, debido a su geometría circular y al uso de seis lados operativos.

3.10.2 Cálculo del coeficiente de evolución K

El coeficiente de evolución K se determinó a partir de la relación entre la altura media de los elementos móviles y la altura media ponderada de los elementos estáticos. En el método de Guerchet, los elementos estáticos corresponden a las máquinas y equipos, mientras que los elementos móviles corresponden principalmente a los operarios

Para los operarios se consideraron los siguientes datos:

Tabla 40. Datos considerados para los elementos móviles en el cálculo de K

Concepto	Valor	Descripción
n	3	Número de operarios considerados como elementos móviles.
h	1.65 m	Altura promedio del operario.
SS	0.50 m ²	Superficie estática considerada por operario.
SS × n × h	2.48	Producto utilizado para calcular la altura media de los elementos móviles.
SS × n	1.50	Base de ponderación de los elementos móviles.

Se consideraron 3 operarios como elementos móviles para el cálculo del coeficiente de evolución, al ser esa cantidad de operarios que mueven el producto entre estaciones.

La altura media ponderada de los elementos estáticos se calculó de la siguiente manera:

$$\Sigma(SS \times n \times h) = 18.48$$

$$\Sigma(SS \times n) = 15.81$$

Por tanto:

$$hee = 18.48 / 15.81 = 1.1691 \text{ m}$$

La altura media de los elementos móviles se calculó mediante la relación entre $SS \times n \times h$ y $SS \times n$:

$$hem = 2.48 / 1.50 = 1.65 \text{ m}$$

Finalmente, el coeficiente de evolución se determinó mediante la siguiente expresión:

$$K = 1.65 / [2(1.1691)]$$

$$K = 0.7057$$

El valor de $K = 0.7057$ se utilizó para calcular la superficie de evolución de cada máquina. Para efectos de presentación, este coeficiente puede expresarse como $K=0.71$.

3.10.3 Dimensionamiento del espacio

En la Tabla 41 se presenta el dimensionamiento del espacio requerido para la maquinaria de AIDITEX mediante el método de Guerchet.

Tabla 41. Dimensionamiento del espacio mediante el método de Guerchet

Código	Maquinaria	n	N	l (m)	a (m)	h (m)	S _s (m ²)	S _g (m ²)	S _e (m ²)	S _t (m ²)
M1	Cortadora	1	1	0.15	0.25	0.50	0.0375	0.0375	0.075	0.075
M2	Estampadora	1	1	0.90	1.15	0.50	1.035	1.035	2.07	2.07
M3	Pulpo Serigráfico	1	6	Diámetro 2.50	—	1.30	4.90	4.908	58.904	34.361
M4	Overlock	3	1	1.20	0.54	1.10	0.648	1.944	2.592	2.592
M5	Elasticadora Pierna	2	1	1.20	0.54	1.20	0.648	1.296	3.888	2.592
M6	Sesgadora	1	1	1.20	0.54	1.20	0.648	0.648	1.296	1.296
M7	Elasticadora Cintura	2	1	1.20	0.54	1.30	0.648	1.296	3.888	2.592
M8	Atracadora	1	1	1.20	0.54	1.20	0.648	0.648	1.296	1.296
M9	Recta	1	1	1.20	0.54	1.20	0.648	0.648	1.296	1.296
M10	Recubridora Plana	1	1	1.20	0.54	1.20	0.648	0.648	1.296	1.296
M11	Recubridora Codo	2	1	1.20	0.54	1.20	0.648	1.296	3.888	2.592
M12	Horno	1	2	1.75	0.80	1.20	1.4	1.4	5.6	4.2
Total										56.26

El total fue calculado con valores no redondeados y se presenta con dos decimales. Por ello, puede existir una ligera diferencia si se suman manualmente los valores redondeados de la tabla.

El cálculo evidencia que la maquinaria considerada requiere una superficie operativa aproximada de 56.26 m². Este valor incluye la superficie física ocupada por los equipos, el espacio requerido para la operación y la superficie necesaria para la circulación. Por tanto, el resultado constituye un parámetro técnico para la elaboración del nuevo layout.

La mayor demanda de espacio corresponde al Pulpo Serigráfico M3, con 34.36 m², debido a su geometría circular, al diámetro de 2.50 m y a la consideración de N = 6 por sus seis lados utilizables. En segundo lugar, se encuentra el Horno M12, con 4.2 m², debido a sus dimensiones y a que presenta dos lados de uso. También destaca el conjunto de máquinas M4 Overlock, con 2.592 m², debido a que se cuenta con tres

unidades disponibles. Estos resultados deben integrarse con la matriz relacional SLP para ubicar los equipos sin obstruir recorridos ni generar interferencias entre células de confección, áreas de apoyo y zonas de circulación.

3.11 Criterios para el diseño de la distribución propuesta

El criterio para seleccionar el tipo de distribución se estableció a partir de los principios de distribución de planta y de los resultados obtenidos en el diagnóstico de AIDITEX. La literatura sobre diseño de planta señala que una distribución eficiente debe favorecer el flujo de materiales, reducir movimientos innecesarios, aprovechar el espacio disponible, eliminar cuellos de botella y mantener flexibilidad frente a cambios en la mezcla de productos. Bajo este enfoque, la comparación entre distribución por proceso, distribución por producto y distribución celular permite definir la alternativa más coherente con las características operativas de la empresa.

La distribución por proceso resulta adecuada cuando las máquinas o actividades se agrupan por función similar; sin embargo, puede generar recorridos prolongados, retrocesos y acumulación de producto en proceso cuando los productos siguen rutas diferentes. La distribución por producto se orienta a una secuencia lineal y repetitiva, por lo que resulta conveniente para altos volúmenes y baja variedad. En cambio, la distribución celular se aplica cuando existen familias de productos con requerimientos de procesamiento semejantes, ya que permite agrupar equipos diferentes en células de manufactura y reducir el movimiento de materiales entre operaciones.

En el caso de AIDITEX, la matriz producto-máquina permitió identificar dos familias de productos con operaciones comunes y diferenciadas. Además, el diagnóstico de recorrido evidenció desplazamientos de 45.92 m para SA-001 y 73,07 m para CA-BL-001; la matriz relacional SLP estableció prioridades de cercanía entre áreas; y el método de Guerchet determinó una superficie operativa requerida de 56.26 m² para la maquinaria. Estos resultados se presentan en la Tabla 42 y orientan la propuesta hacia una distribución celular, debido a que esta permite organizar los equipos según familias de productos, reducir recorridos internos y mantener flexibilidad frente a la variedad de referencias producidas por la empresa.

Tabla 42. Matriz de selección del tipo de distribución

Criterio técnico	Distribución por proceso	Distribución por producto	Distribución celular
Fundamento de aplicación	Agrupar máquinas o actividades por función similar.	Ordenar equipos según una secuencia fija de fabricación.	Agrupar equipos diferentes según familias de productos y rutas semejantes.
Condición productiva recomendada	Alta variedad de productos y rutas variables, aunque con mayores recorridos.	Alto volumen, baja variedad y secuencia estable.	Variedad moderada, operaciones comunes y diferenciadas entre familias.
Relación con el flujo de materiales	Puede generar traslados prolongados y retrocesos entre áreas funcionales.	Favorece flujo lineal, pero con baja flexibilidad.	Favorece recorridos más cortos dentro de cada célula.
Relación con la matriz producto-máquina	No aprovecha completamente la agrupación por familias.	Exige una ruta dominante para todos los productos.	Se sustenta en familias de productos y máquinas comunes o específicas.
Relación con SLP	Puede mantener áreas relacionadas físicamente separadas.	Puede limitar la adaptación a rutas diferenciadas.	Permite integrar cercanía entre áreas, flujo y requerimientos de espacio.
Adecuación al caso AIDITEX	No se selecciona porque mantendría dispersión y recorridos internos.	No se selecciona porque la empresa no fabrica una sola referencia con ruta rígida.	Se selecciona porque responde a familias de productos, rutas semejantes y operaciones diferenciadas.

La matriz de selección evidencia que la distribución celular presenta mayor correspondencia con las condiciones productivas de AIDITEX. Esta alternativa permite combinar la flexibilidad requerida por la variedad de prendas con la necesidad de ordenar el flujo, reducir recorridos y ubicar las áreas según su relación funcional. Por ello, la propuesta se sustenta en la matriz producto-máquina, la formación de familias, los recorridos actuales, la matriz relacional SLP y el dimensionamiento mediante Guerchet. En la Tabla 43 se detalla la justificación de los criterios analizados.

Tabla 43. Justificación de la distribución celular para AIDITEX

Elemento analizado	Condición identificada	Justificación para distribución celular
Recursos comunes del sistema	M1, M4 y M10 aparecen de forma transversal en la matriz AOC.	Deben considerarse como recursos comunes o de ubicación estratégica dentro del layout general.
M1 Cortadora	Interviene al inicio del proceso de los productos analizados.	Debe ubicarse como punto inicial del flujo, antes de la separación hacia las células.
M4 Overlock	Aparece en ambas familias y existen tres unidades disponibles.	Puede distribuirse entre células para reducir recorridos y atender los requerimientos de ambas familias.

Elemento analizado	Condición identificada	Justificación para distribución celular
M10 Recubridora Plana	Aparece como recurso común en la matriz AOC y existe una sola unidad.	Debe ubicarse en una posición accesible dentro del layout general, sin duplicarse artificialmente.
Familia 1	Integra SA-001, SN-001 y CA-CAL-002.	Requiere una célula orientada al bloque de máquinas asociado a estos productos.
Recursos asociados a Familia 1	Incluyen M5 y M7 como recursos principales del bloque, además de M2, M9 y M11 para productos específicos de la familia.	Deben agruparse o aproximarse para reducir recorridos dentro del bloque de Familia 1.
Familia 2	Integra CA-BL-001, CA-MO-001, CN-ROS-001 y CA-FU-001.	Requiere una célula orientada a productos con operaciones diferenciadas.
Recursos asociados a Familia 2	Incluyen M6 y M8 como recursos principales del bloque, además de conexión funcional con M3 y M12 para productos con serigrafía y secado.	Deben organizarse considerando confección, serigrafía, secado y conexión funcional con áreas de apoyo.
Empaque y almacenamiento final	Corresponden al cierre del proceso para ambas familias.	Deben ubicarse al final del flujo para evitar retornos y cruces innecesarios.

La conformación de las células de manufactura se definió a partir de la matriz producto-máquina ordenada mediante AOC. Este análisis permitió identificar bloques de afinidad entre productos y máquinas, diferenciando los recursos comunes del sistema y los recursos específicos asociados a cada familia de productos. Por tanto, las células no se definieron únicamente a partir de los recorridos de SA-001 y CA-BL-001, sino a partir del comportamiento general de los siete productos internos considerados en la matriz.

En la matriz AOC se observa que M1 Cortadora, M4 Overlock y M10 Recubridora Plana intervienen de manera transversal en los productos analizados. Por ello, estas máquinas se interpretan como recursos comunes del sistema. La M1 se mantiene como operación inicial de corte para ambas familias; la M4, al contar con tres unidades, puede distribuirse entre células según los requerimientos de cada familia; y la M10, al contar con una sola unidad, debe ubicarse en una posición accesible dentro del layout general, evitando su duplicación artificial.

La Célula de manufactura 1 se orienta a la Familia 1, conformada por SA-001, SN-001 y CA-CAL-002. Esta célula integra los recursos asociados al bloque de la Familia 1 en la matriz AOC, principalmente M5 Elasticadora Pierna y M7 Elasticadora

Cintura, junto con recursos complementarios requeridos por productos específicos de la familia, como M2 Estampadora, M9 Recta y M11 Recubridora Codo, según corresponda. Asimismo, utiliza recursos comunes del sistema, como M4 y M10, bajo el criterio de disponibilidad y cercanía funcional.

La Célula de manufactura 2 se orienta a la Familia 2, conformada por CA-BL-001, CA-MO-001, CN-ROS-001 y CA-FU-001. Esta célula integra los recursos asociados al bloque de la Familia 2 en la matriz AOC, principalmente M6 Sesgadora y M8 Atracadora, además de la conexión funcional con M3 Pulpo Serigráfico y M12 Horno para los productos que requieren serigrafía y secado. Asimismo, utiliza recursos comunes del sistema, como M4 y M10, sin duplicar maquinaria inexistente.

Bajo este criterio, la propuesta celular no se basa solo en las máquinas coincidentes entre dos productos representativos, sino en los bloques de afinidad obtenidos en la matriz AOC. Los productos SA-001 y CA-BL-001 se mantienen como referencias para validar recorridos, tiempos y distancias, pero no reemplazan la matriz general utilizada para definir la configuración celular de la planta.

3.12 Diseño de alternativas de layout

El diseño de alternativas de layout se desarrolló a partir del método SLP y del enfoque de distribución celular. El método SLP permite formular alternativas de distribución mediante la integración del flujo de materiales, las relaciones de cercanía entre áreas, los requerimientos de espacio y las restricciones físicas de la planta. Asimismo, la orientación celular se sustenta en la agrupación de productos por familias y en la organización de los recursos productivos según rutas y requerimientos de proceso semejantes. Bajo este enfoque, las alternativas A y B no se plantean como propuestas aisladas, sino como configuraciones derivadas del análisis técnico realizado previamente.

Para formular las alternativas se consideraron cinco bases principales. En primer lugar, la matriz relacional SLP permitió establecer las relaciones de cercanía entre las áreas funcionales de la planta. En segundo lugar, el método de Guerchet determinó una superficie operativa de 56.26 m² para la maquinaria, considerando superficie estática,

superficie de gravitación y superficie de evolución. En tercer lugar, la matriz producto–máquina ordenada mediante AOC permitió identificar dos bloques de afinidad producto–máquina y diferenciar los recursos comunes del sistema. En cuarto lugar, el balanceo de líneas combinado permitió determinar la carga mensual por familia y la asignación de estaciones operativas equivalentes por célula. Finalmente, los diagramas de recorrido actual evidenciaron desplazamientos de 45.92 m para SA-001 y 73.07 m para CA-BL-001.

El diseño de las alternativas consideró las áreas funcionales definidas previamente en el análisis SLP: almacén de materia prima, área de corte, almacén de producto cortado, célula de manufactura 1, célula de manufactura 2, área de estampado, área de empaque, almacén de producto terminado, oficina administrativa, área de sublimado y área de alimentación del personal. La redistribución se plantea para la planta como sistema integral, por lo que no se limita al área de confección. Por el contrario, incorpora áreas productivas, áreas de apoyo, almacenamiento, empaque, circulación interna y zonas no productivas que deben mantenerse separadas del flujo directo de materiales.

Las alternativas adoptan una orientación celular porque la matriz AOC permitió identificar dos bloques de afinidad producto–máquina. La Célula de manufactura 1 se orienta a la Familia 1, integrada por SA-001, SN-001 y CA-CAL-002, y agrupa los recursos asociados a su bloque de fabricación. La Célula de manufactura 2 se orienta a la Familia 2, integrada por CA-BL-001, CA-MO-001, CN-ROS-001 y CA-FU-001, e integra los recursos necesarios para productos con operaciones diferenciadas. Las máquinas comunes del sistema, como M1, M4 y M10, se ubican según su función, disponibilidad y necesidad de acceso, sin asumir duplicaciones no existentes.

En la Tabla 44 se presentan los criterios metodológicos considerados para formular las alternativas de layout.

Tabla 44. Criterios considerados para el diseño de alternativas de layout

Componente técnico	Resultado obtenido	Incidencia en el diseño del layout
Relaciones de cercanía del SLP	Se identificaron áreas que requieren proximidad, como corte, producto cortado, células de manufactura, empaque y almacenamiento final.	Permite definir qué áreas deben acercarse y cuáles deben mantenerse separadas.

Componente técnico	Resultado obtenido	Incidencia en el diseño del layout
Requerimiento de espacio por Guerchet	La maquinaria requiere una superficie operativa de 56.26m ² .	Condiciona la ubicación de equipos, operación y circulación.
Matriz AOC	Se identificaron dos bloques de afinidad producto-máquina y recursos comunes del sistema.	Sustenta la conformación de células de manufactura por familias de productos.
Flujo y recorridos actuales	SA-001 registra 45.92 m y CA-BL-001 registra 73.07 m.	Permite priorizar la reducción de traslados internos.
Carga mensual por familia	Familia 1 concentra 82.5% y Familia 2 17.5% de la carga mensual.	Justifica que la Célula 1 tenga prioridad y que la Célula 2 funcione como célula complementaria.
Disponibilidad real de maquinaria	M4 cuenta con tres unidades; M10 cuenta con una unidad.	Evita duplicar recursos inexistentes y orienta la ubicación de máquinas comunes.
Alcance integral de planta	Se consideran producción, apoyo, almacenamiento, empaque, administración, alimentación y circulación.	Evita que la propuesta se limite solo al área de confección.

El Layout A representa una mejora gradual, con bajo nivel de intervención física; en cambio, el Layout B plantea una reorganización más integrada de la planta, utilizando los bloques de afinidad obtenidos en la matriz AOC. Por esta razón, el Layout B exige mayor reorganización, pero ofrece mejores condiciones para reducir recorridos, ordenar el flujo y controlar el producto en proceso. La Tabla 45 permite diferenciar el alcance de cada alternativa.

Tabla 45. Diferencias operativas entre Layout A y Layout B

Criterio de diseño	Layout A	Layout B
Nivel de intervención	Reordenamiento gradual con menor movimiento de maquinaria.	Reubicación parcial de maquinaria de confección para formar células.
Primer piso	Mantiene una disposición cercana a la actual, pero ordena el flujo hacia empaque.	Agrupar máquinas por familias en Célula 1 y Célula 2.
Segundo piso	Mantiene corte, serigrafía y secado con ajustes menores de orden.	Mantiene M1, M3 y M12, pero organiza el producto cortado cerca del punto de transferencia.
Célula 1	Atiende la Familia 1 con prioridad operativa.	Atiende la Familia 1 como núcleo principal por su 83,99 % de carga mensual.
Célula 2	Atiende la Familia 2 con conexión lateral a áreas de apoyo.	Se aproxima funcionalmente a las áreas de apoyo vinculadas con CA-BL-001.
Recorrido esperado	Mejora parcial, pero conserva recorridos laterales.	Recorrido más directo hacia confección, empaque y producto terminado.
Uso de maquinaria	Reduce desorden sin modificar drásticamente la ubicación.	Distribuye M4 entre células y ubica M5, M7 y M11 en Célula 1; M6, M9 y M8 en Célula 2.

El estudio plantea dos alternativas: Layout A y Layout B, que se muestran a continuación:

3.12.1 Alternativa de layout A

El Layout A propone una redistribución secuencial de menor intervención física. Esta alternativa mantiene la operación en dos niveles y conserva parte de la disposición actual de la planta; sin embargo, ordena la relación entre las áreas principales del proceso: almacén de materia prima, corte, producto cortado, células de manufactura, empaque y almacén de producto terminado. Su propósito es mejorar el flujo sin modificar de forma extrema la infraestructura existente.

En esta alternativa se diferencian los elementos fijos, las áreas funcionales y los recursos móviles. Las escaleras, accesos principales, muros y zonas con restricción física se mantienen como condiciones de diseño. En cambio, las máquinas, mesas, puntos de producto cortado, áreas de abastecimiento, zonas de empaque y almacenamiento operativo se reorganizan de manera gradual para reducir recorridos y mejorar la continuidad del proceso.

En el segundo piso se mantiene el área de corte como inicio común del flujo productivo, donde se ubica la M1 Cortadora. También se conservan las áreas de serigrafía y secado, vinculadas con M3 Pulpo Serigráfico y M12 Horno, para los productos que requieren operaciones complementarias. La mejora principal en este nivel consiste en ordenar el producto cortado y ubicarlo cerca del punto de transferencia hacia el primer piso, con el fin de facilitar su traslado hacia las células de manufactura. En el primer piso se organiza la zona de confección mediante dos células de manufactura. La Célula de manufactura 1 se orienta a la Familia 1, integrada por SA-001, SN-001 y CA-CAL-002, debido a que concentra la mayor carga mensual de trabajo. Esta célula considera recursos asociados al bloque de la Familia 1, como M4 Overlock, M5 Elasticadora Pierna, M7 Elasticadora Cintura, M2 Estampadora, M9 Recta y M11 Recubridora Codo, según los requerimientos de cada producto.

La Célula de manufactura 2 se orienta a la Familia 2, conformada por CA-BL-001, CA-FU-001, CA-MO-001 y CN-ROS-001. Esta célula considera recursos vinculados

con productos de operaciones diferenciadas, como M4 Overlock, M6 Sesgadora y M8 Atracadora, además de la conexión funcional con M3 Pulpo Serigráfico y M12 Horno cuando el producto requiere serigrafía y secado. La M10 Recubridora Plana se mantiene como recurso común accesible dentro del layout general, debido a que existe una sola unidad y no debe duplicarse artificialmente.

El área de empaque se ubica después de las células de manufactura, lo cual permite que las prendas terminadas avancen hacia el cierre del proceso sin retornar a zonas de producción. Finalmente, el almacén de producto terminado se localiza después del empaque, con el propósito de mantener una salida ordenada del producto final.

Se realizó el SLP para generar una distribución más eficiente que contenga menor retrasos e interferencias en los flujos empleando el balanceo para simplificar el dibujado. En la Figura 23 se observa la alternativa A propuesta para el primer piso, que tiene como objetivo dar con un solo flujo de trabajo, para cada una de las familias.

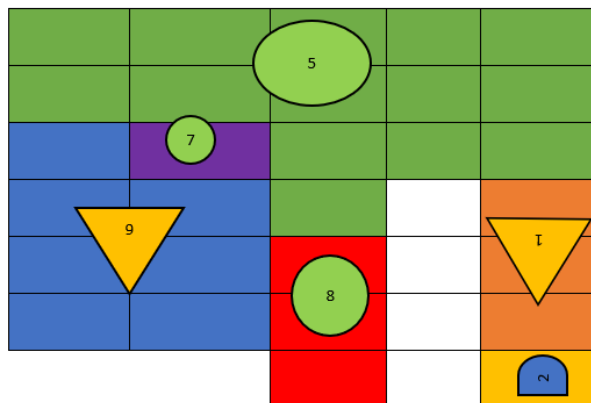


Figura 23. SLP Alternativa A Primer Piso

Se tiene así mismo con el segundo piso que contiene áreas como; oficina administrativa, área de estampado y el área de corte con dos mesas de corte. Lo que se quiere lograr con esta propuesta es colocar la tela cortada en un punto central para mejorar la facilidad de traslado hacia el primer piso, logrando un menor recorrido. Se observa en la Figura 24 la propuesta de distribución.

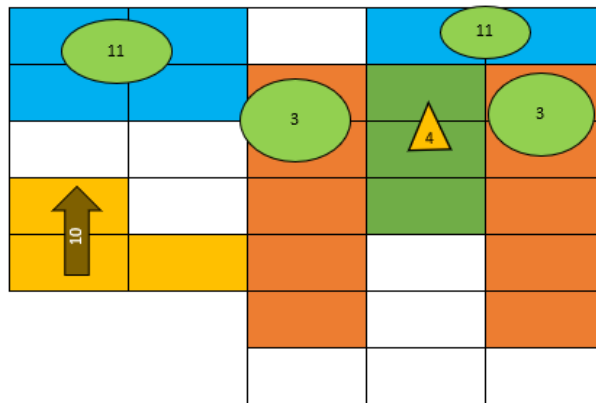


Figura 24. SLP Alternativa A Segundo Piso

En las Figura 25 y Figura 26 muestra el Layout A, el cual representa una propuesta de mejora gradual. En el segundo piso se mantiene la relación entre corte, serigrafía, secado y producto cortado, mientras que en el primer piso se ordenan las células de manufactura. Esta alternativa reduce el desorden del flujo actual, aunque puede conservar ciertos recorridos laterales por tratarse de una redistribución de menor intervención.

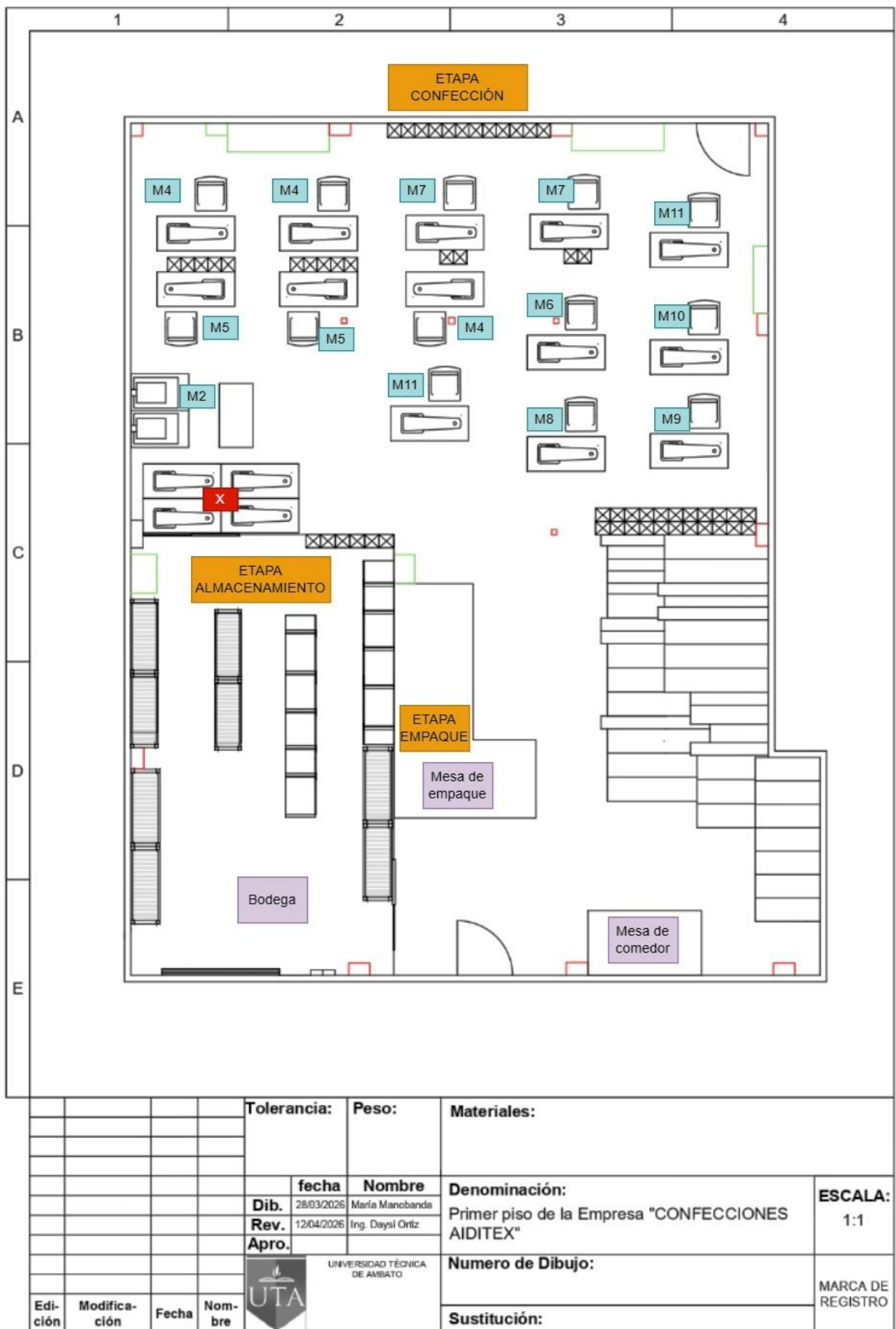


Figura 26. Propuesta de Layout A-Primera Planta de AIDITEX

En la Tabla 46 se describe la organización funcional propuesta para el Layout A.

Tabla 46. Organización funcional del Layout A

Área	Ubicación funcional propuesta	Justificación técnica
Almacén de materia prima	Se mantiene como punto inicial del abastecimiento.	Facilita el suministro de tela, hilos, elásticos, sesgos y demás insumos hacia el área de corte.
Área de corte, M1	Se mantiene en el segundo piso como inicio común del proceso.	Permite conservar la operación inicial de tendido, trazado y corte para ambas familias.
Almacén de producto cortado	Se ordena cerca del punto de transferencia hacia el primer piso.	Permite organizar las piezas antes de su ingreso a las células de manufactura y reducir traslados innecesarios.
Área de serigrafía, M3	Se mantiene como área de apoyo para productos que requieren serigrafía.	Atiende operaciones complementarias sin incorporarse al flujo de todos los productos.
Horno / secado, M12	Se mantiene vinculado al área de serigrafía.	Permite completar el secado de prendas que pasan por operaciones de serigrafía.
Célula de manufactura 1	Se organiza como bloque principal para la Familia 1.	Atiende los productos SA-001, SN-001 y CA-CAL-002, que concentran la mayor carga mensual de trabajo.
Recursos de Célula 1	M4, M5, M7, M2, M9 y M11, según requerimiento del producto.	Permiten agrupar máquinas asociadas al bloque de la Familia 1 identificado en la matriz AOC.
Célula de manufactura 2	Se organiza como bloque complementario para la Familia 2.	Atiende los productos CA-BL-001, CA-FU-001, CA-MO-001 y CN-ROS-001, que presentan operaciones diferenciadas.
Recursos de Célula 2	M4, M6 y M8, con conexión funcional hacia M3 y M12 cuando corresponda.	Permiten atender operaciones de confección diferenciada, serigrafía y secado cuando la ruta del producto lo requiere.
M10 Recubridora Plana	Se mantiene como recurso común accesible.	Existe una sola unidad, por lo que debe ubicarse en una zona de acceso común sin duplicarse artificialmente.
Área de empaque	Se ubica después de las células de manufactura.	Permite cerrar el proceso sin generar retornos hacia producción.
Almacén de producto terminado	Se ubica después del área de empaque.	Facilita el almacenamiento ordenado de prendas listas para despacho.
Oficina administrativa	Se mantiene separada del flujo directo de materiales.	Permite la gestión y supervisión sin interferir con la circulación productiva.
Área de alimentación del personal	Se mantiene fuera del recorrido productivo principal.	Evita cruces con materiales, operarios en producción y zonas de almacenamiento.

La ventaja principal del Layout A radica en que mejora la secuencia del proceso sin exigir una reorganización extrema de todas las áreas. Su lógica de flujo progresivo permite ordenar la transferencia entre corte, producto cortado, células de manufactura, empaque y almacén de producto terminado. Además, conserva la operación en dos niveles y reduce la dispersión de materiales mediante una organización más clara de los puntos de abastecimiento y transición.

Sin embargo, esta alternativa mantiene un nivel de integración parcial entre las áreas de apoyo y la Célula de manufactura 2. Por ello, los productos de la Familia 2 que requieren serigrafía, secado u operaciones complementarias pueden conservar ciertos recorridos laterales. En consecuencia, aunque el Layout A representa una mejora frente a la distribución actual, su alcance es moderado y depende de la ubicación exacta de los puntos de transferencia, empaque y almacenamiento operativo.

3.12.2 Diagrama de recorrido propuesto del Layout A

En las Figura 27, Figura 28 y Figura 29 se presenta el diagrama de recorrido propuesto para el Layout A, mostrando las rutas que siguen los dos productos representativos a lo largo de las diferentes áreas de la planta. Este diagrama permite visualizar el flujo de materiales y productos, identificar la secuencia de operaciones y evaluar la eficiencia de los desplazamientos internos, sirviendo como herramienta clave para analizar la continuidad del proceso y optimizar la disposición de estaciones y maquinaria dentro de la planta.



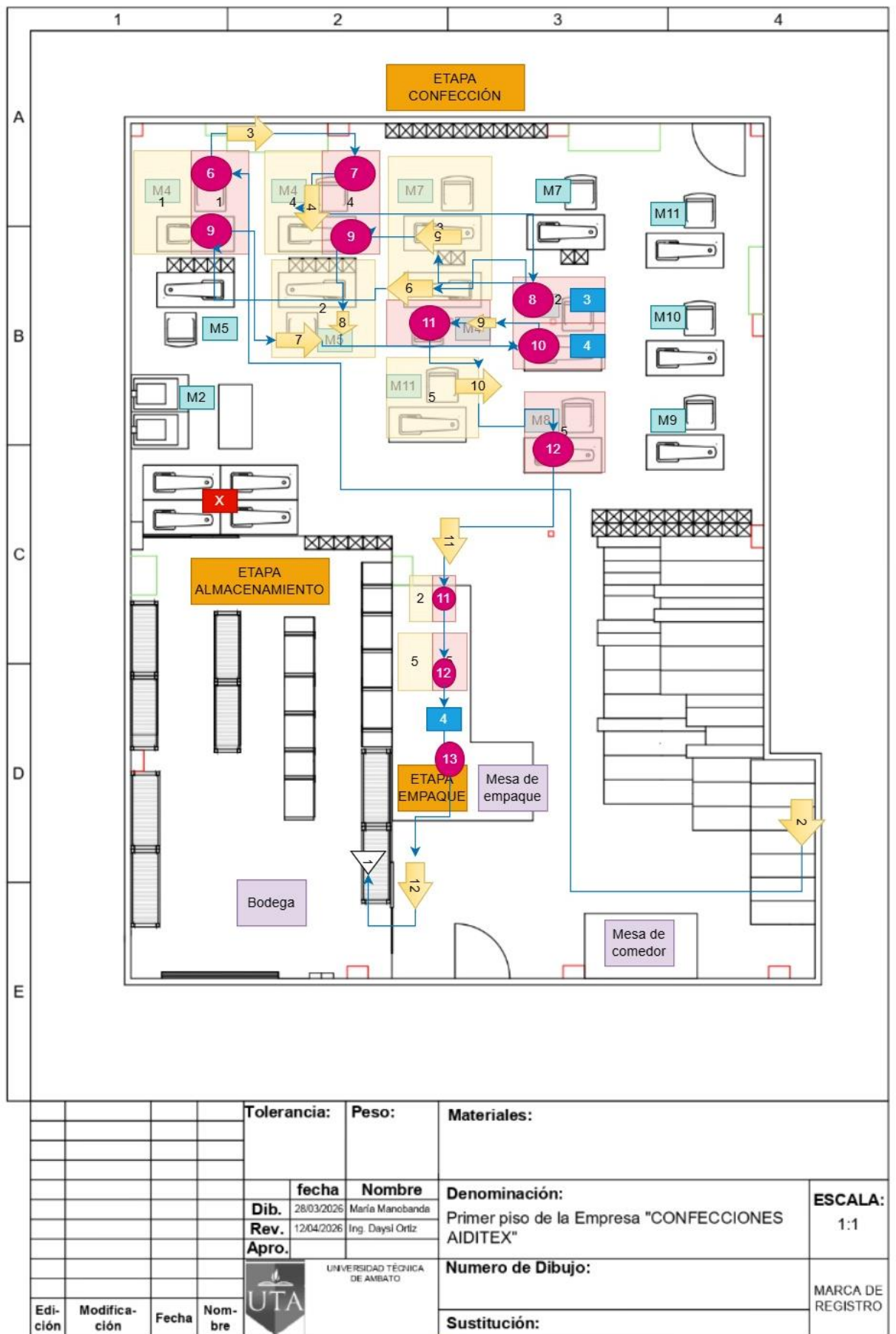


Figura 29. Comparación cuantitativa de recorridos actual y propuesto B

Comparando la planta actual con Layout A, se observa que los recorridos no disminuyen tanto respecto a la situación inicial, reflejando que Layout A no optimiza lo suficiente en la distancia de traslado.

3.12.3 Alternativa de layout B

El Layout B propone una organización celular más integrada, orientada a reducir recorridos entre áreas relacionadas y mejorar la interacción entre las células de confección y las operaciones complementarias. Esta alternativa plantea una redistribución más técnica del espacio, con las células de manufactura como eje central y con áreas de apoyo organizadas según su relación funcional.

En esta alternativa, las células de confección funcionan como núcleo operativo de la planta. La Célula de confección 1 atiende a la Familia 1, debido a su mayor carga mensual de trabajo, mientras que la Célula de confección 2 atiende a la Familia 2, lo que permite procesar productos con operaciones diferenciadas.

El área de corte mantiene proximidad con el almacén de materia prima y con el almacén de producto cortado, con el propósito de asegurar el abastecimiento ordenado de piezas hacia ambas células. A diferencia del Layout A, el Layout B ubica las áreas de estampado y sublimado más cerca de la Célula de confección 2, debido a que los productos de esta familia requieren con mayor frecuencia procesos complementarios.

Las máquinas comunes entre familias ocupan posiciones estratégicas para evitar recorridos excesivos y duplicación artificial de recursos. La M4 Overlock, al contar con tres unidades, puede distribuirse entre las células de confección según los requerimientos de cada familia. La M7 Elasticadora Cintura, aunque cuenta con dos unidades, debe ubicarse prioritariamente en la célula asociada a la Familia 1, debido a que se vincula con las operaciones de elasticado del flujo principal. La M10 Recubridora Plana debe ubicarse de forma accesible cuando se considere la matriz general de familias, debido a que existe una sola unidad disponible; sin embargo, no se presenta como recurso directo de los recorridos representativos SA-001 y CA-BL-001.

Se muestra en las Figura 30, Figura 31, Figura 32 y Figura 33 la nueva distribución que se plantea en la alternativa B.

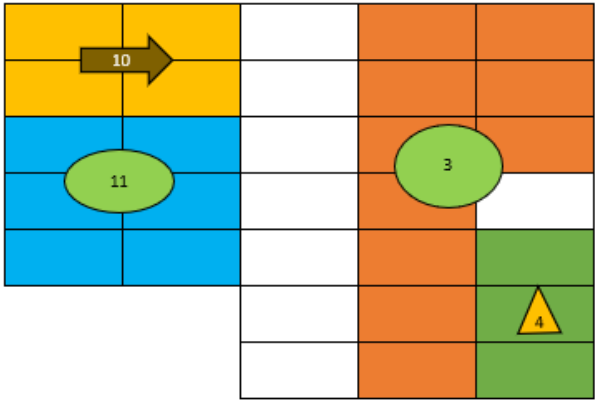


Figura 30. Alternativa B Segundo Piso

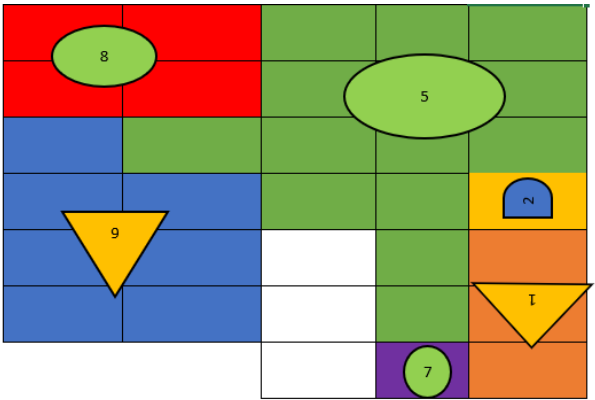
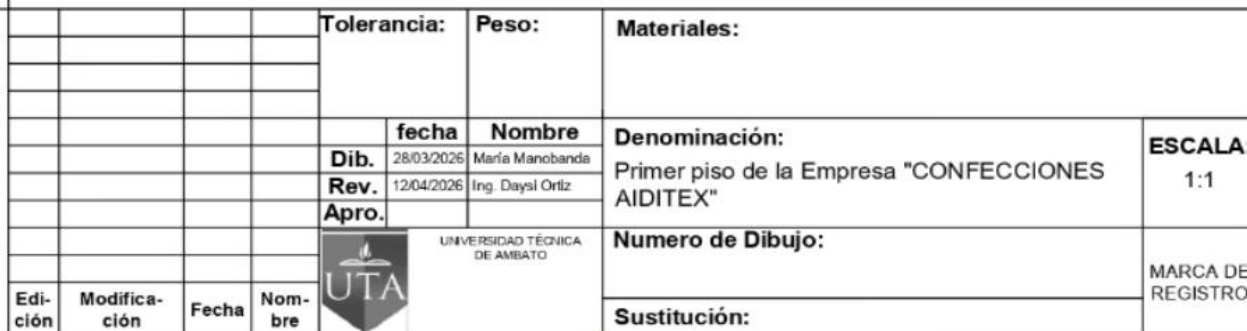


Figura 31. Alternativa B Primer Piso



121

El Layout B representa una redistribución celular integrada. Las células de confección se ubican como núcleo operativo de la planta, mientras que las áreas de estampado y sublimado se aproximan a la Célula de confección 2 por su relación con los productos de la Familia 2. Esta disposición busca reducir recorridos internos, mejorar el control visual del proceso y facilitar la conexión entre áreas productivas y complementarias.

En la Tabla 47 se describe la organización funcional propuesta para el Layout B.

Tabla 47. Organización funcional del Layout B

Área	Ubicación funcional propuesta	Justificación técnica
Almacén de materia prima	Próximo al área de corte	Asegura abastecimiento directo de materiales al inicio del proceso.
Área de corte	Conectada con almacén de materia prima y producto cortado	Reduce recorridos en el traslado de piezas hacia las células.
Almacén de producto cortado	Entre corte y células de confección	Actúa como punto de regulación para alimentar ambas células.
Célula de confección 1	Núcleo productivo principal	Atiende la Familia 1, que concentra la mayor carga de producción equivalente.
Célula de confección 2	Núcleo productivo complementario	Atiende la Familia 2 y se conecta con operaciones especiales.
Área de estampado	Próxima a la Célula de confección 2	Facilita operaciones de serigrafía y estampado en productos que lo requieren.
Área de sublimado	Próxima a estampado y Célula de confección 2	Mejora la integración de procesos especiales sin interferir con la Familia 1.
Área de empaque	Ubicada después de ambas células	Permite recibir productos terminados de las dos células.
Almacén de producto terminado	Posterior al área de empaque	Mantiene la salida del producto en una sola zona final.
Oficina administrativa	Separada del flujo principal, con visibilidad hacia producción	Facilita control administrativo sin generar cruces con materiales.
Área de alimentación del personal	Separada de producción y almacenamiento	Evita interferencias con áreas productivas y zonas de circulación.

La principal ventaja del Layout B consiste en que organiza la planta alrededor de las células de confección, lo cual mejora el control visual del proceso, reduce cruces y facilita la coordinación entre operaciones comunes y complementarias. Esta alternativa responde mejor al enfoque por familias de productos, debido a que diferencia la ruta principal de la Familia 1 y la ruta complementaria de la Familia 2.

El Layout B también logra una mejor integración de las áreas de estampado y sublimado, ya que estas funcionan como apoyo para los productos que requieren

operaciones especiales. De esta manera, dichas áreas no interfieren con el flujo principal de confección, pero mantienen cercanía con la célula que más las necesita.

Como limitación, el Layout B requiere una mayor reorganización física respecto al Layout A, debido a que ubica las células como núcleo central de la distribución. No obstante, esta reorganización puede generar mayores beneficios en términos de flujo, supervisión, reducción de recorridos y flexibilidad ante cambios en la mezcla de productos.

El Layout B constituye una alternativa de redistribución más integral. Su diseño consolida la orientación celular, fortalece la separación funcional entre familias de productos y ubica estratégicamente las áreas de apoyo. Esta alternativa será evaluada junto con el Layout A en el apartado siguiente, con el fin de seleccionar la distribución de planta ideal para AIDITEX.

3.12.4 Diagrama de recorrido propuesto del Layout B

En la Figura 34, Figura 35 y Figura 36 se presentan los diagramas de recorrido propuesto que se desarrolló sobre el Layout B seleccionado como alternativa ideal. La propuesta mantiene la secuencia técnica de fabricación definida en el estudio de tiempos para los productos representativos SA-001 y CA-BL-001; por tanto, no modifica el orden de operaciones, sino la ubicación física de áreas, células de confección y zonas de apoyo dentro de la planta.

El producto SA-001 se orienta hacia la Célula de confección 1, debido a que representa el flujo principal de la Familia 1. Esta ruta integra las operaciones de corte, producto cortado, confección, empaque y almacenamiento final bajo una trayectoria más progresiva respecto a la distribución actual.

El producto CA-BL-001 se vincula con la Célula de confección 2 y con las áreas de apoyo requeridas por su ruta diferenciada. Debido a que incorpora serigrafía, secado, colocación de sesgo, atracado y plastiflechado, el Layout B aproxima las áreas complementarias a la célula que atiende la Familia 2.

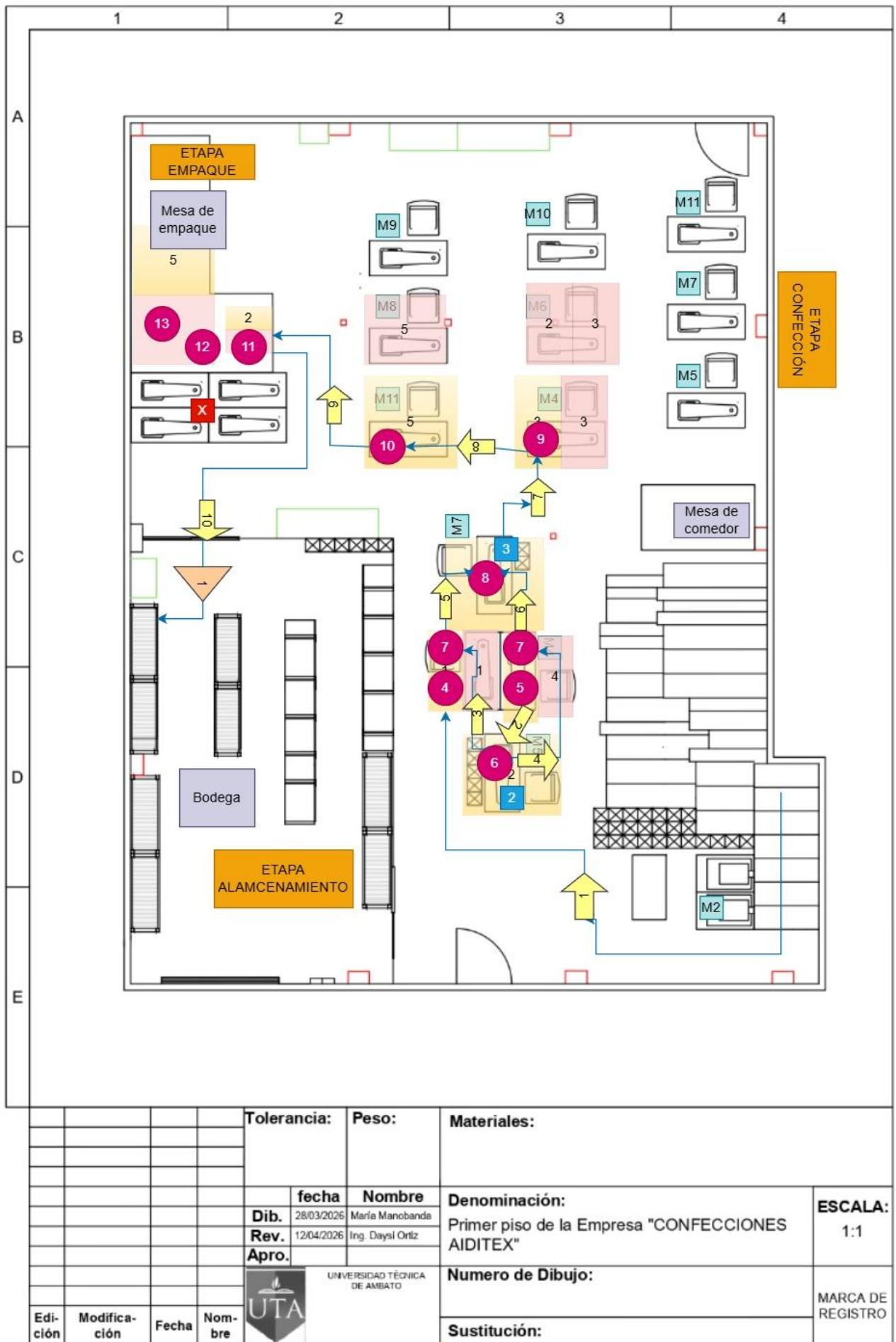


Figura 35. Diagrama de recorrido B Primer Piso de SA-001



Figura 36. Diagrama de recorrido B Primer Piso de CA-BL-001

Se analizó el recorrido propuesto de los productos SA-001 y CA-BL-001 sobre el Layout B. La ruta de SA-001 corresponde al flujo principal de la Familia 1, mientras que la ruta de CA-BL-001 incorpora la conexión con las áreas de apoyo requeridas para las operaciones complementarias.

3.13 Selección de la distribución de planta ideal

La selección de la distribución de planta ideal se realizó mediante la comparación técnica entre las alternativas desarrolladas en el apartado anterior: Layout A y Layout B. Esta evaluación consideró los resultados obtenidos mediante el método SLP, el dimensionamiento del espacio por el método Guerchet, el balanceo de líneas combinado y los problemas identificados en la distribución actual de AIDITEX.

El objetivo de esta etapa fue determinar qué alternativa responde mejor a las necesidades operativas de la empresa. Para ello, se analizaron criterios relacionados con la continuidad del flujo productivo, la reducción de recorridos internos, la organización celular, la integración de áreas de apoyo, el aprovechamiento del espacio, el control visual del proceso y la separación funcional de áreas no productivas.

El Layout A representa una alternativa de mejora gradual. Esta opción ordena el flujo principal desde materia prima hasta producto terminado y reduce parte de los recorridos actuales. Sin embargo, mantiene ciertos desplazamientos laterales hacia áreas de apoyo, especialmente hacia estampado y sublimado, lo cual puede afectar a los productos de la Familia 2.

El Layout B plantea una redistribución más integrada. Esta alternativa organiza las células de confección como núcleo operativo de la planta, aproxima las áreas de apoyo a la célula que más las requiere y mejora la relación entre corte, producto cortado, confección, empaque y almacenamiento final. Por esta razón, presenta mayor coherencia con la orientación celular, el flujo por familias de productos y los resultados obtenidos en el análisis SLP.

3.13.1 Validación técnica de la alternativa seleccionada mediante indicadores operativos

La validación de las alternativas se realizó mediante la comparación de indicadores operativos asociados a cada propuesta de layout. Para ello se analizaron las distancias recorridas, los tiempos de desplazamiento y los resultados de la evaluación ponderada de los principios de diseño de planta.

Se presenta en la Tabla 48 el incremento en metros y la mejora porcentual que indica la alternativa A.

Tabla 48. Comparación cuantitativa de recorridos actual y propuesto A

Producto representativo	Distancia actual (m)	Distancia propuesta proyectada en Layout A	Reducción de distancia (m)	Mejora porcentual
SA-001	45.92	38.50	7.42	16.16%
CA-BL-001	73.07	60.00	13.07	17.89%

La propuesta de Layout A permite disminuir los recorridos internos de la planta en comparación con la distribución actual, contribuyendo a menores tiempos de transporte, reducción de esfuerzos de los operarios y optimización del flujo de materiales

Las distancias propuestas corresponden al recorrido trazado sobre el Layout B y que se observan en la Tabla 49.

Tabla 49. Comparación cuantitativa de recorridos actual y propuesto B

Producto representativo	Distancia actual	Distancia propuesta proyectada en Layout B	Reducción de distancia	Mejora porcentual
SA-001	45,92 m	31,30 m	14,62 m	31,84 %
CA-BL-001	73,07 m	48,50 m	24,57 m	33,63 %

En caso de que el plano definitivo sea modificado, estos valores deberán recalcularse manteniendo el mismo criterio de medición aplicado en el recorrido actual.

Para el producto SA-001, la distancia recorrida se reduce de 45.92 m a 31.30 m, lo que representa una disminución de 14.62 m y una mejora de 31.84 %. Para el producto CA-BL-001, la distancia recorrida disminuye de 73.07 m a 48.50 m, con una reducción de 24.57 m y una mejora de 33.63 %.

Estos resultados evidencian que el Layout B permite reducir los desplazamientos físicos de los productos representativos dentro de la planta. La mejora no modifica los tiempos estándar de operación obtenidos en el estudio de tiempos, sino que incide en los tiempos improductivos asociados al transporte interno, recorridos innecesarios, búsqueda de materiales y cruces de flujo, esta información se visualiza en la Tabla 50.

Tabla 50. Estimación del tiempo de desplazamiento actual y propuesto

Producto representativo	Distancia actual	Distancia propuesta Layout B	Tiempo actual de desplazamiento	Tiempo propuesto de desplazamiento	Reducción estimada de tiempo
SA-001	45.92 m	31.30 m	1.02 min	0.70 min	0.32 min
CA-BL-001	73.07 m	48.50 m	1.62 min	1.08 min	0.54 min

La estimación del tiempo de desplazamiento se realizó considerando una velocidad promedio de traslado de 45 m/min, empleada como supuesto operativo para convertir la distancia recorrida en tiempo improductivo de transporte. Este valor permite estimar el efecto del rediseño sobre los desplazamientos internos; sin embargo, no modifica los tiempos estándar de operación determinados en el estudio de tiempos. Bajo este criterio, el producto SA-001 presenta una reducción estimada de 0,32 min por recorrido, mientras que CA-BL-001 registra una reducción estimada de 0,54 min por recorrido.

Este procedimiento permitió verificar que el Layout B presenta un mejor desempeño respecto al Layout A, constituyéndose como la alternativa más adecuada para la mejora de la distribución de planta en AIDITEX.

a. Evaluación Productiva

La propuesta de redistribución de planta (Layout B) permite reducir los tiempos de desplazamiento en 0,32 min/unidad para el producto SA-001 y 0,54 min/unidad para el producto CA-BL-001. En la Tabla 51 se muestra las docenas adicionales.

Tabla 51. Producción adicional diaria

Producto	Tiempo actual de desplazamiento (min/uni)	Tiempo propuesto (min/uni)	Reducción (min/uni)	Tiempo ahorrado (min/día)	Unidades adicionales/día	Docenas adicionales/día	Docenas adicionales/mes
SA-001	1.02	0.7	0.32	330.24	63.63	5.3	116.66
CA-BL-001	1.62	1.08	0.54	511.92	64.07	5.34	117.46
Total				842.16	127.7	10.64	234.12

Esta mejora genera un ahorro total de 842,16 minutos diarios, lo que incrementa la capacidad productiva en aproximadamente 127,70 unidades por día, equivalentes a 10,64 docenas diarias adicionales. Considerando 22 días laborables al mes, la producción aumentaría en 234,12 docenas mensuales, generando un ingreso adicional estimado de \$3.280,88 al mes.

b. Evaluación Económica

Con el fin de evaluar el impacto económico de la propuesta de redistribución de planta, se estimó el ingreso adicional que podría generarse a partir del incremento de la capacidad productiva obtenido por la reducción de los tiempos de transporte. Para ello, se consideró el número de docenas adicionales que podrían producirse mensualmente de los productos representativos SA-001 y CA-BL-001, así como su respectivo precio de venta por docena.

Tabla 52. Beneficio Económico

Producto	Docenas adicionales/mes	Precio de venta (\$/docena)	Ingreso adicional mensual (\$)
SA-001	116.66	\$ 10.00	1,166.60
CA-BL-001	117.46	\$ 18.00	2,114.28
Total	234.12		3,280.88

Estos resultados evidencian que la reducción de los recorridos internos no solo mejora la eficiencia operativa y la utilización del tiempo productivo, sino que también tiene un impacto positivo en la rentabilidad de la empresa. En consecuencia, la redistribución propuesta contribuye a incrementar la capacidad de producción sin requerir inversiones adicionales en equipos o personal, permitiendo aprovechar de manera más eficiente los recursos disponibles.

c. Evaluación Ponderada

Para seleccionar la alternativa ideal, se aplicó una evaluación ponderada basada en principios de diseño de planta. La escala utilizada para asignar la calificación de cada criterio se presenta en la Tabla 53.

Tabla 53. Escala de evaluación para la selección del layout ideal

Valor	Nivel de cumplimiento	Interpretación
1	Muy bajo	La alternativa no cumple adecuadamente el criterio evaluado.
2	Bajo	La alternativa cumple el criterio de forma limitada.
3	Medio	La alternativa cumple parcialmente el criterio.
4	Alto	La alternativa cumple el criterio de manera adecuada.
5	Muy alto	La alternativa cumple el criterio de manera óptima.

La ponderación de los criterios se definió en función de los problemas detectados en la distribución actual, principalmente recorridos innecesarios, cruces de flujo, ubicación no secuencial de maquinaria, dispersión de materiales y uso ineficiente del espacio. Por esta razón, los criterios con mayor peso fueron la continuidad del flujo productivo y la reducción de recorridos internos, ya que ambos inciden directamente en el propósito de la redistribución.

- *Evaluación de los principios de diseño de planta*

La evaluación de los principios de diseño de planta permitió comparar las dos alternativas propuestas bajo criterios técnicos. Estos principios orientan la selección del layout que ofrece mejores condiciones de operación, menor interferencia entre áreas, mayor aprovechamiento del espacio y mejor continuidad del flujo productivo.

Para la evaluación se aplicó el método de factores ponderados, el cual permite comparar alternativas mediante la asignación de pesos y calificaciones a criterios previamente definidos. En la Tabla 54 se presenta la evaluación ponderada de los principios de diseño de planta aplicados a las alternativas propuestas.

Tabla 54. Evaluación ponderada de alternativas de layout

Principio evaluado	Peso	Layout A	Puntaje A	Layout B	Puntaje B
Continuidad del flujo productivo	0.20	4	0.80	5	1.00
Reducción de recorridos internos	0.20	3	0.60	5	1.00
Organización celular de maquinaria	0.15	4	0.60	5	0.75

Principio evaluado	Peso	Layout A	Puntaje A	Layout B	Puntaje B
Integración de áreas de apoyo	0.15	3	0.45	5	0.75
Aprovechamiento del espacio disponible	0.10	4	0.40	4	0.40
Control visual y supervisión operativa	0.10	4	0.40	5	0.50
Separación funcional de áreas no productivas	0.10	4	0.40	4	0.40
Total	1.00		3.65		4.80

Los pesos y calificaciones asignados en la evaluación ponderada fueron definidos considerando la influencia de cada criterio sobre el desempeño de la distribución de planta y posteriormente revisados por la gerencia y la responsable del área de producción de AIDITEX. La revisión permitió verificar que la importancia relativa otorgada a criterios como la continuidad del flujo productivo, la reducción de recorridos internos, la organización celular de maquinaria y la integración de áreas de apoyo fuera coherente con las condiciones operativas de la empresa. Asimismo, las calificaciones asignadas a cada alternativa se sustentaron en el análisis de los layouts propuestos, la matriz relacional SLP, los recorridos identificados para las familias representativas y la secuencia del flujo productivo, permitiendo corroborar la consistencia de los resultados obtenidos.

Los resultados muestran que el Layout B obtuvo un puntaje total de 4.80, superior al 3.65 obtenido por el Layout A. Esta diferencia evidencia que el Layout B presenta un mayor nivel de cumplimiento de los principios de diseño de planta considerados en el estudio, especialmente en continuidad del flujo, reducción de recorridos, organización celular e integración de áreas de apoyo.

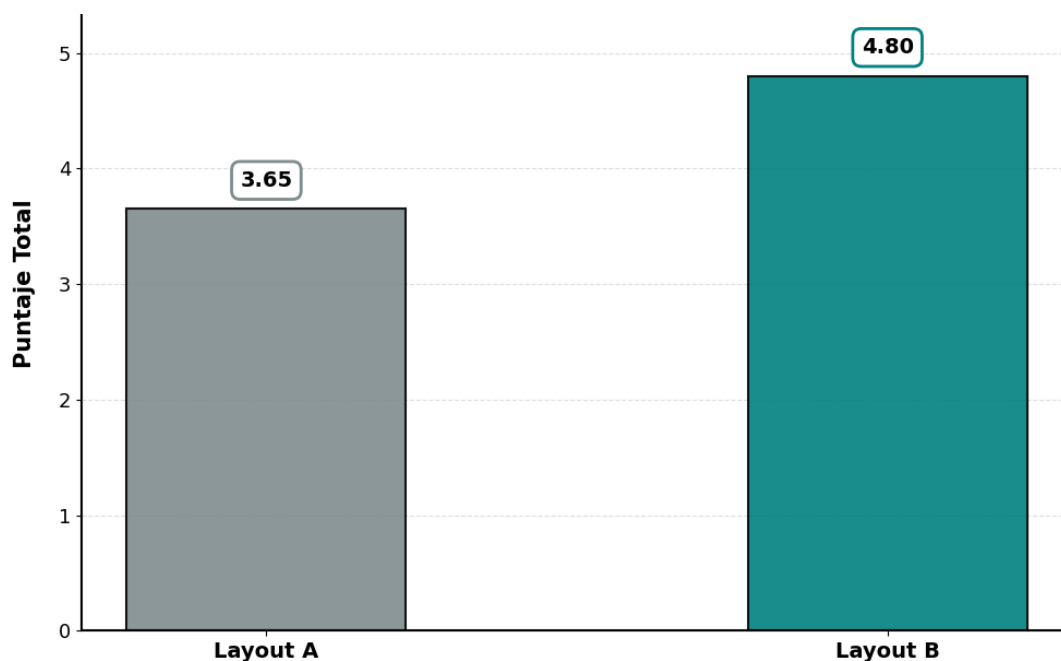


Figura 37. Comparación del puntaje total entre Layout A y Layout B

La figura compara el puntaje total obtenido por cada alternativa de layout. El Layout A alcanzó una puntuación de 3.65, mientras que el Layout B obtuvo 4.80, por lo que este último presenta un mayor nivel de cumplimiento de los criterios evaluados.

El Layout A obtiene una valoración adecuada porque mejora la secuencia general del proceso, ordena las áreas principales y reduce parte de los recorridos internos. No obstante, su limitación principal se relaciona con la integración de las áreas de apoyo, debido a que estampado y sublimado permanecen en una posición más lateral respecto a la Célula de confección 2. Esta condición puede generar recorridos adicionales en los productos de la Familia 2.

El Layout B presenta mejor desempeño en continuidad del flujo, reducción de recorridos, organización celular e integración de áreas de apoyo. Esta alternativa ubica las células de confección como eje central de la planta y aproxima las áreas complementarias a la familia que más las requiere. Además, permite que el área de empaque reciba productos de ambas células y que el almacén de producto terminado funcione como cierre ordenado del proceso. Este resultado es coherente con los problemas identificados en la distribución actual, especialmente los recorridos innecesarios, los cruces de flujo y la ubicación no secuencial de maquinaria.

Para complementar la interpretación de los resultados, la Figura 38 representa el comportamiento de cada alternativa por criterio evaluado.

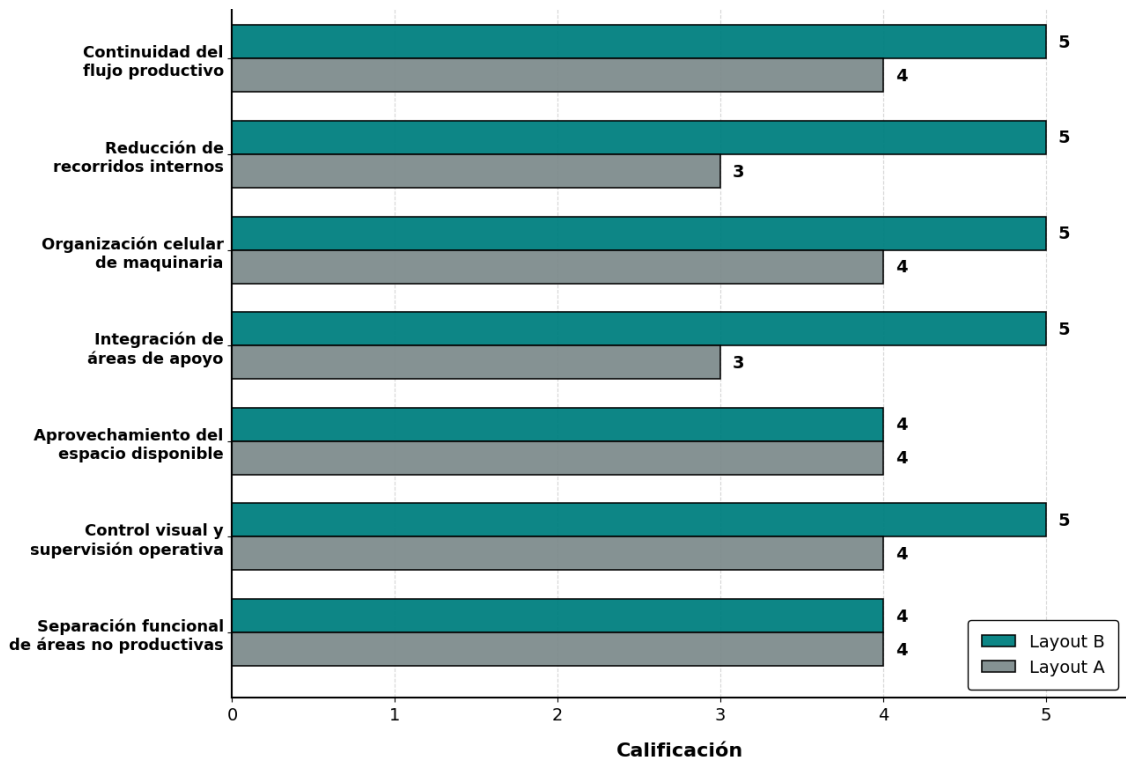


Figura 38. Comparación de cumplimiento por criterio entre Layout A y Layout B

La figura muestra el comportamiento de cada alternativa frente a los criterios de continuidad del flujo productivo, reducción de recorridos internos, organización celular, integración de áreas de apoyo, aprovechamiento del espacio, control visual y separación funcional. El Layout B presenta mayor calificación en los criterios relacionados con flujo, recorridos, organización celular e integración de áreas de apoyo.

En la Tabla 55 se resume el resultado final de la evaluación.

Tabla 55. Resultado de la selección de la alternativa ideal

Alternativa	Puntaje total	Resultado
Layout A	3.65	Alternativa viable de mejora gradual.
Layout B	4.80	Alternativa seleccionada como distribución ideal.

Con base en la evaluación realizada, el Layout B se selecciona como la distribución de planta ideal para AIDITEX. Esta alternativa responde de manera más coherente a la formación de familias de productos, al balanceo de líneas combinado, a la matriz

relacional SLP y al dimensionamiento del espacio mediante Guerchet. Asimismo, su mayor puntuación confirma que la alternativa presenta mejores condiciones para reducir recorridos, ordenar el flujo de materiales y fortalecer la organización celular de la planta.

La selección del Layout B permite orientar la planta hacia una distribución celular más eficiente. La Célula de confección 1 atiende el flujo principal de la Familia 1, mientras que la Célula de confección 2 se integra con áreas de apoyo como estampado y sublimado, necesarias para los productos de la Familia 2. Esta organización contribuye a reducir recorridos internos, disminuir cruces de flujo, mejorar la supervisión operativa y facilitar el control del producto en proceso.

En consecuencia, el Layout B constituye la alternativa más adecuada para continuar con la propuesta de estrategias de mejora de productividad, debido a que ofrece una base física más ordenada para organizar recursos, mejorar el flujo de trabajo, reducir tiempos improductivos e incrementar la eficiencia operativa de AIDITEX.

3.14 Propuesta de estrategias para mejorar la productividad

La propuesta de estrategias para mejorar la productividad de AIDITEX se desarrolló a partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico de la distribución actual, la aplicación del método SLP, el dimensionamiento mediante Guerchet, el balanceo de líneas combinado y la selección del Layout B como alternativa ideal. Estas estrategias buscan ordenar los recursos productivos, mejorar el flujo de trabajo, reducir tiempos improductivos e incrementar la eficiencia operativa de la planta.

Las estrategias planteadas no se limitan a la reubicación física de áreas y maquinaria. También consideran la organización de materiales, la asignación de equipos, el control del producto en proceso y la separación funcional entre áreas productivas y áreas de apoyo. Por esta razón, la propuesta se estructura en tres líneas de acción: organización de recursos productivos y flujo de trabajo, reducción de tiempos improductivos e incremento de eficiencia operativa, y comparación entre la situación actual y la propuesta.

En la Tabla 56 se presenta la relación entre los problemas identificados en la distribución actual y las estrategias propuestas.

Tabla 56. Relación entre problemas identificados y estrategias propuestas

Problema identificado	Estrategia propuesta	Resultado esperado
Ubicación no secuencial de maquinaria	Organización de recursos productivos por células de confección	Mayor continuidad operativa entre estaciones de trabajo.
Recorridos internos extensos	Mejora del flujo de trabajo mediante el Layout B	Reducción de desplazamientos y mejor circulación de materiales.
Cruces de flujo y contraflujos	Separación de rutas por familias de productos	Menor interferencia entre operarios, materiales y prendas en proceso.
Dispersión de materiales e insumos	Ordenamiento del producto cortado y puntos de abastecimiento	Mayor control de materiales y menor tiempo de búsqueda.
Operaciones con tiempos críticos	Estandarización de métodos y apoyo a operaciones de mayor carga	Reducción de tiempos improductivos y mayor estabilidad del proceso.
Áreas de apoyo desconectadas del flujo	Integración de estampado y sublimado con la Célula de confección 2	Mayor fluidez para productos con operaciones complementarias.

3.14.1 Organización de recursos productivos y flujo de trabajo

La organización de los recursos productivos constituye la primera estrategia para mejorar la productividad de AIDITEX. Esta estrategia se fundamenta en la distribución celular seleccionada, la cual permite agrupar máquinas, operarios y áreas de apoyo de acuerdo con las familias de productos identificadas.

La Célula de confección 1 debe atender a la Familia 1, conformada por SA-001, SN-001 y CA-CAL-002, debido a que concentra la mayor carga productiva equivalente. La Célula de confección 2 debe orientarse a la Familia 2, integrada por CA-BL-001, CA-FU-001, CA-MO-001 y CN-ROS-001, ya que estos productos presentan operaciones diferenciadas y requieren una relación funcional con áreas como estampado y sublimado.

La organización de los recursos debe respetar la disponibilidad real de maquinaria. La M4 Overlock cuenta con tres unidades, por lo que puede distribuirse entre las células de confección según la carga de trabajo. La M7 Elasticadora Cintura dispone de dos unidades, lo que facilita el apoyo a las operaciones de elasticado. En cambio, la M10

Recubridora Plana cuenta con una sola unidad, por lo que debe ubicarse en una posición accesible para las rutas que la requieran, sin duplicar artificialmente recursos.

Tabla 57. Acciones para organizar recursos productivos y mejorar el flujo de trabajo

Concepto / Recurso	Acción u organización propuesta	Justificación y beneficio técnico
Célula de confección 1	Asignación prioritaria a Familia 1	Atiende el grupo con mayor carga mensual: 25 588,44 min/mes.
Célula de confección 2	Asignación a Familia 2	Permite procesar productos con operaciones diferenciadas.
M4 Overlock	Distribución entre células de confección	Existen tres unidades disponibles.
M7 Elasticadora Cintura	Ubicación prioritaria en Familia 1	Se vincula con operaciones de elasticado del flujo principal.
M10 Recubridora Plana	Ubicación accesible, sin duplicación	Existe una sola unidad disponible.
Área de estampado	Cercanía funcional con Célula 2	Reduce traslados en productos con serigrafía o estampado.
Área de sublimado	Área complementaria cercana a Célula 2	Atiende operaciones especiales sin interferir con Familia 1.
Empaque	Ubicación al final del flujo	Cierra el proceso sin retornos hacia producción.
Ubicar corte cerca del almacén de materia prima	Inicio del proceso productivo	Menor recorrido para abastecimiento de tela e insumos.
Crear punto de producto cortado	Punto intermedio entre corte y confección	Ordena piezas antes del ensamble.
Separar las células por familias	Célula 1 para Familia 1 y Célula 2 para Familia 2	Flujo más claro y menor mezcla de productos.
Ubicar estampado y sublimado como apoyo de Célula 2	Productos con operaciones especiales	Menor traslado en rutas diferenciadas.
Colocar empaque al final del flujo	Después de las células de confección	Cierre ordenado del proceso productivo.
Mantener oficina y alimentación fuera del flujo directo	Áreas no productivas	Menor interferencia con materiales y operarios.

Esta estrategia permite que cada familia cuente con una ruta más ordenada y con recursos mejor ubicados. Además, facilita la supervisión, reduce el movimiento innecesario de prendas en proceso y mejora el control visual de las actividades productivas. La Figura 39 representa la asignación de recursos productivos bajo la orientación celular seleccionada.

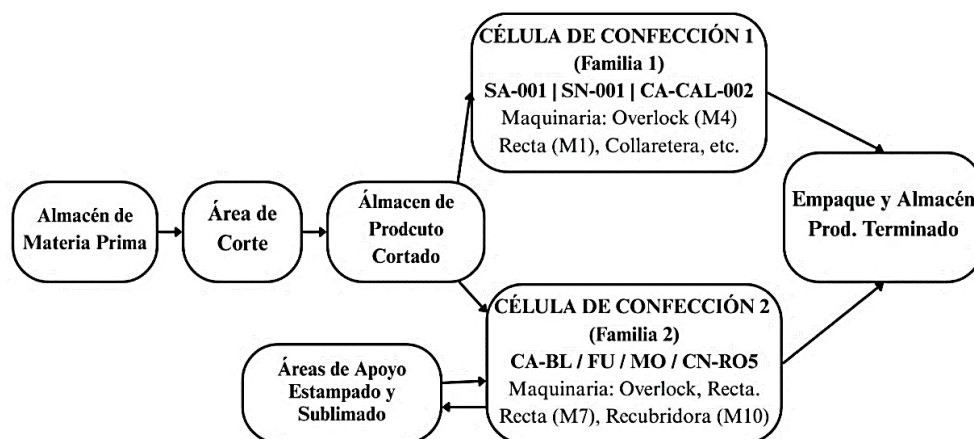


Figura 39. Organización propuesta de recursos productivos por células

La Célula de confección 1 se vincula con la Familia 1, mientras que la Célula de confección 2 se relaciona con la Familia 2 y con las áreas de apoyo, como estampado y sublimado. El empaque y el almacén de producto terminado se ubican al final del flujo para cerrar el proceso de forma ordenada.

La mejora del flujo de trabajo se orienta a establecer una secuencia clara y progresiva desde el ingreso de materia prima hasta el almacenamiento del producto terminado. Esta estrategia responde a los problemas identificados en la distribución actual, especialmente cruces de recorrido, desplazamientos innecesarios y falta de continuidad entre áreas relacionadas.

El Layout B permite estructurar el flujo bajo una lógica celular. En este esquema, el almacén de materia prima abastece al área de corte; luego, las piezas cortadas pasan al almacén de producto cortado y posteriormente ingresan a la célula de confección correspondiente. Después de la confección y de las operaciones complementarias, las prendas avanzan hacia empaque y almacenamiento final.

La mejora del flujo también requiere separar las áreas que no participan directamente en la transformación del producto. La oficina administrativa y el área de alimentación del personal deben mantenerse fuera del recorrido principal de materiales, con el fin de evitar interferencias, cruces innecesarios y ocupación de zonas destinadas a la circulación productiva.

Con estas acciones, el flujo de trabajo se vuelve más continuo, comprensible y controlable. La propuesta favorece el avance progresivo de los productos dentro del sistema, disminuye retornos, reduce cruces y limita acumulaciones innecesarias.

3.14.2 Reducción de tiempos improductivos e incremento de eficiencia operativa

La reducción de tiempos de proceso se plantea como una estrategia orientada a disminuir actividades que no agregan valor, principalmente traslados, esperas, búsqueda de materiales, recorridos innecesarios y acumulación de producto en proceso. Esta estrategia no depende únicamente de acelerar las operaciones, sino de mejorar las condiciones físicas y organizativas que influyen en el desarrollo del trabajo.

A partir del estudio de tiempos y del balanceo de líneas combinado, se identificó que la Familia 1 concentra la mayor carga productiva. Por ello, las acciones de reducción de tiempos deben priorizar la Célula de confección 1, sin descuidar la Célula de confección 2, que incorpora operaciones diferenciadas y requiere coordinación con áreas de apoyo.

Las principales acciones para reducir tiempos de proceso se presentan en la Tabla 58.

Tabla 58. Estrategias para reducir tiempos improductivos e incrementar la eficiencia operativa

Estrategia aplicada	Aplicación y control	Efecto y mejora esperada	Indicador de seguimiento
Organización de células de confección y flujo celular	Estructuración por familias (Célula 1 y Célula 2) con secuencia según ruta productiva.	Reducción de traslados entre operaciones consecutivas y mayor continuidad.	Cumplimiento del plan de producción por familia y distancia recorrida.
Estandarización del abastecimiento de materiales e insumos	Preparación y clasificación anticipada de materiales y avíos por orden de producción.	Eliminación de tiempos de búsqueda, esperas y demoras por falta de stock en estación.	Tiempo de búsqueda y preparación de insumos por lote.
Ordenamiento y control del producto cortado	Punto intermedio delimitado para piezas cortadas antes de confección.	Mayor orden visual y menor tiempo de espera/preparación antes del ensamble.	Tiempo de espera entre el área de corte y confección.
Ubicación estratégica de maquinaria crítica (M10)	Posicionamiento de la recubridora de forma	Acceso optimizado para las rutas que lo	Tiempo de espera para el uso de la máquina M10 Recubridora.

Estrategia aplicada	Aplicación y control	Efecto y mejora esperada	Indicador de seguimiento
	accesible sin duplicar recursos.	requieren y reducción de cuellos de botella.	
Balanceo dinámico y apoyo de maquinaria (M4 Overlock)	Asignación de unidades Overlock según la carga y demanda de cada célula.	Menor acumulación de prendas en proceso y estabilidad del flujo.	Volumen de producto en proceso (WIP) acumulado en costura.
Integración física de estampado y sublimado	Disposición contigua a la Célula de confección 2.	Menor tiempo de recorrido en productos que requieren estampado/sublimado.	Tiempo de traslado entre confección y estampado/sublimado.
Control visual del proceso y producto terminado (Empaque)	Delimitación de áreas de trabajo y ubicación final de empaque.	Cierre ordenado del proceso, evitando retornos o cruces hacia producción.	Tiempo transcurrido desde confección hasta empaque y embalaje.
Separación de áreas no productivas	Ubicación externa de oficina y comedor respecto a la zona de flujo principal.	Minimización de interferencias y cruces de operarios no relacionados con la producción.	Número de cruces o interrupciones detectados en las vías principales.

La reducción de tiempos debe acompañarse de prácticas de orden y control en cada estación de trabajo. Para ello, las áreas deben contar con espacios definidos para insumos, producto cortado, prendas en proceso y producto terminado. Esta delimitación permite que los operarios identifiquen con rapidez los materiales requeridos y evita interrupciones durante la jornada laboral.

La estrategia de reducción de tiempos también requiere controlar la acumulación de prendas entre operaciones. En la propuesta celular, cada familia cuenta con una ruta más definida, lo que disminuye esperas entre estaciones y mejora la coordinación del trabajo. Además, la ubicación final del área de empaque evita retornos hacia zonas de producción, lo cual contribuye a cerrar el flujo con mayor eficiencia.

El incremento de la eficiencia operativa constituye el resultado esperado de la aplicación conjunta de las estrategias anteriores. La reorganización de recursos, la mejora del flujo de trabajo y la reducción de tiempos improductivos crean condiciones más favorables para el desempeño del sistema productivo.

La eficiencia operativa mejora cuando los recursos se utilizan de manera ordenada, los recorridos se reducen, las máquinas se ubican de acuerdo con la secuencia productiva y las áreas de apoyo se integran sin interferir con el flujo principal. En el caso de

AIDITEX, el Layout B permite consolidar estas condiciones mediante una distribución celular adaptada a las dos familias de productos.

El incremento de la eficiencia operativa debe evaluarse mediante indicadores comparables antes y después de la propuesta. Entre los indicadores más relevantes se encuentran la distancia recorrida por producto, el tiempo de traslado entre áreas, el tiempo de espera entre operaciones, la carga de trabajo por célula y la capacidad de respuesta ante productos con rutas diferenciadas.

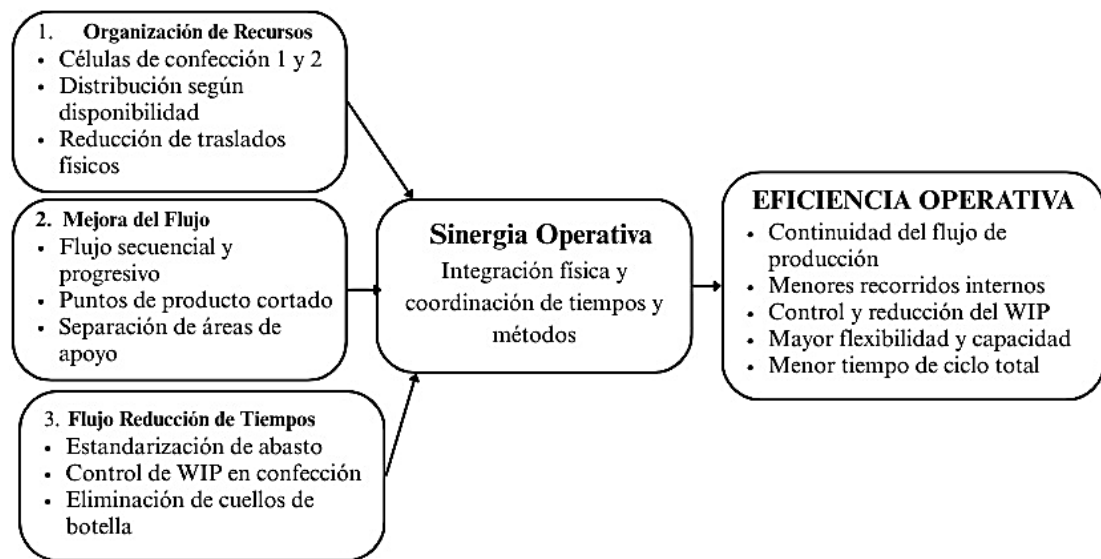


Figura 40. Relación entre estrategias propuestas y eficiencia operativa

La figura sintetiza la relación entre organización de recursos, mejora del flujo, reducción de tiempos improductivos e incremento de eficiencia operativa. Estas estrategias actúan de forma conjunta para mejorar la continuidad del proceso y disminuir interferencias en la planta.

3.14.3 Comparación entre la situación actual y la propuesta

La comparación entre la situación actual y la propuesta permite identificar los cambios generados por la implementación del Layout B. En la Tabla 59 se presenta la comparación que se realizó considerando los recorridos de los productos representativos, la organización celular, la carga mensual por familia, la superficie

operativa determinada mediante Guerchet y la relación funcional entre áreas definida por el método SLP.

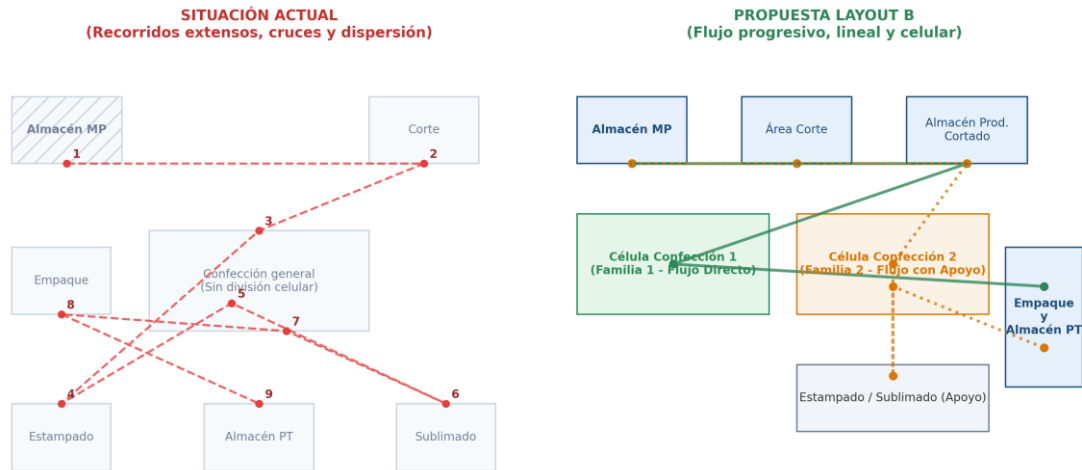
Tabla 59. Comparación técnica entre la situación actual y la propuesta Layout B

Criterio	Situación actual	Propuesta Layout B	Indicador de sustento
Recorrido SA-001	45.92 m en la distribución actual	31.30 m en el Layout B	Reducción de 31.84 %.
Recorrido CA-BL-001	73.07 m en la distribución actual	48.50 m en el Layout B	Reducción de 33.63 %.
Tiempo de desplazamiento SA-001	1.02 min por recorrido	0.70 min por recorrido	Reducción de 0.32 min.
Tiempo de desplazamiento CA-BL-001	1.62 min por recorrido	1.08 min por recorrido	Reducción de 0.54 min.
Organización de maquinaria	Máquinas no totalmente ordenadas según la secuencia operativa	Máquinas organizadas por células de confección	Matriz producto-máquina y familias.
Carga Familia 1	31,652.97 min/mes	Asignación prioritaria a Célula de confección 1	82.5% de la carga mensual.
Carga Familia 2	6,711.50 min/mes	Asignación a Célula de confección 2	17.5% de la carga mensual.
Superficie operativa	Distribución empírica del espacio productivo	Diseño considerando 56.26m ² de superficie operativa	Dimensionamiento mediante Guerchet.
Áreas de apoyo	Estampado y sublimado con conexión limitada al flujo	Integración funcional con Célula de confección 2	Matriz relacional SLP.
Selección de alternativa	Sin evaluación comparativa formal	Layout B seleccionado como alternativa ideal	Puntaje ponderado de 4.80 frente a 3.65 del Layout A.

La comparación evidencia que el Layout B responde directamente a los problemas identificados en la distribución actual. La propuesta organiza el flujo por familias de productos, asigna la mayor carga mensual a la Célula de confección 1, integra la Célula de confección 2 con áreas de apoyo y utiliza el dimensionamiento por Guerchet como base técnica para ordenar los recursos productivos.

La mejora no corresponde a una reducción del tiempo estándar de corte, confección o acabado, debido a que la secuencia técnica de fabricación se mantiene según el estudio de tiempos. La mejora se concentra en la reducción de recorridos y tiempos improductivos de traslado, los cuales afectan la continuidad del flujo, la circulación de materiales y el control del producto en proceso.

Figura 27. Comparación entre la situación actual y la propuesta Layout B



La Figura 27 sintetiza la diferencia entre la distribución actual y el Layout B. En la situación actual se observan recorridos no lineales, cruces de flujo y dispersión de materiales; en la propuesta, el proceso se organiza por células, integra áreas de apoyo y establece un flujo más progresivo hacia empaque y almacenamiento final.

En síntesis, la propuesta basada en el Layout B permite mejorar la productividad de AIDITEX mediante la reorganización celular de los recursos, la integración funcional de áreas de apoyo y el ordenamiento del flujo de materiales. La validación mediante recorridos actuales y propuestos sustenta la reducción de desplazamientos internos y, con ello, la disminución de tiempos improductivos vinculados al transporte de materiales dentro de la planta.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El análisis de los procesos productivos de AIDITEX identificó ineficiencias por recorridos cruzados, ubicación no secuencial de maquinaria, dispersión de materiales y falta de continuidad en el flujo. A partir de la matriz producto-máquina, el análisis ABC y la validación de rutas, se definieron dos familias: Familia 1 (SA-001, SN-001, CA-CAL-002) concentró el 79.68 % del valor económico y Familia 2 (CA-BL-001, CA-FU-001, CA-MO-001, CN-ROS-001) representó el 20.32 %. Esto permitió diferenciar el flujo principal y las rutas complementarias.
- La distribución en célula y el balanceo modular optimizan la planta al agrupar las Overlocks y posicionar la Sessadora como pivote central. Esto elimina duplicidades de maquinaria y reduce un 31.84% y 33.63% en los desplazamientos de la Familia 1 y Familia 2 respectivamente. Al respetar rigurosamente las habilidades de los cinco operarios, se maximiza su utilización al 100% y se asegura un flujo continuo. Así, la planta gana flexibilidad para alternar eficientemente entre familias, garantizando la producción diaria de 1023 unidades de la Familia 1 y 943 de la Familia 2.
- El método Guerchet determinó una superficie operativa de 56.26m², considerando área ocupada por máquinas, espacio de operación y circulación. Destacan el Pulpo Serigráfico M3 (34.36 m²) y el Horno M12 (4.2 m²) como equipos clave para la organización del layout.
- La evaluación de alternativas seleccionó el Layout B como ideal al tener el menor recorrido entre las dos propuestas presentadas, con puntaje de 4.80 frente a 3.65 del Layout A, mejorando continuidad del flujo, reducción de recorridos, organización celular y secuencia técnica de fabricación al poner prioridad al orden de utilización de la maquinaria.

- La comparación con la situación actual mostró reducción de recorridos: SA-001 de 45.92 m a 31.30 m de diferencia al tener la nueva distribución reduciendo un 31.84 % y CA-BL-001 de 73.07 m a 48.50 m con una reducción de 33.63 %, disminuyendo tiempos de transporte estimados en 0.32 min y 0.54 min respectivamente, sin modificar los tiempos estándar de operación.
- Las estrategias propuestas permiten mejorar la productividad operativa mediante la reorganización celular de recursos, la delimitación del producto cortado, la integración de áreas de apoyo, la ubicación estratégica de maquinaria y el fortalecimiento del control visual del proceso. En conjunto, estas acciones contribuyen a ordenar el flujo de trabajo, reducir interferencias entre operaciones, disminuir recorridos improductivos y establecer una base técnica para mejorar la eficiencia operativa de AIDITEX.

4.2 Recomendaciones

- La implementación del Layout B debe realizarse de manera progresiva bajo la responsabilidad de gerencia y la jefa de producción. Este proceso debe priorizar la reubicación del área de corte, las células de confección y el área de empaque, con el fin de garantizar la continuidad del flujo productivo. El control de esta implementación se efectuará mediante listas de verificación, verificando la delimitación de zonas de trabajo conforme al diseño propuesto.
- La validación de las distancias de SA-001 y CA-BL-001 debe ser ejecutada por áreas que se deben aumentar en la empresa, como ingeniería de procesos, mediante la medición directa en planta. Se verificará la permanencia de los recorridos de 31.30 m y 48.50 m. El indicador será la distancia recorrida por unidad (m/unidad), con control semanal inicial y luego mensual. Desviaciones mayores al 10% deberán ser ajustadas.
- El personal operativo deberá recibir capacitación sobre la distribución celular, la separación de rutas por familias de productos y la coordinación entre la Célula de confección 1, la Célula de confección 2 y las áreas de apoyo, enfocándose en evitar cruces de flujo, acumulaciones de producto en proceso

y retornos innecesarios. El indicador será el porcentaje de personal capacitado, con meta mínima del 90%. Se ejecutará una capacitación inicial y refuerzos trimestrales.

- La metodología 5S se aplica en las zonas de producto cortado, almacenamiento de insumos, estaciones de confección y área de empaque, con el fin de reducir tiempos de búsqueda, mejorar el orden visual, evitar acumulaciones innecesarias y mantener despejadas las rutas de circulación definidas en el Layout B. Se deberá controlar mediante auditorías quincenales con un cumplimiento mínimo del 85%.
- El jefe de producción realizará el seguimiento de indicadores como distancia recorrida, tiempo de desplazamiento, WIP y cumplimiento del plan. El control será semanal comparando con la línea base. Desviaciones mayores al 10% requerirán acciones correctivas.
- Se establece un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria crítica y compartida, especialmente M4 Overlock, M7 Elasticadora Cintura, M10 Recubridora Plana, M3 Pulpo Serigráfico y M12 Horno, dando seguimiento especial a M10 por ser unidad única y a M3 y M12 por su incidencia en el espacio operativo y en los productos con procesos complementarios. El indicador será la disponibilidad de máquina, con meta mínima del 95%.
- El balanceo de líneas combinado debe actualizarse ante cambios en la demanda, mezcla de productos, tiempos estándar o disponibilidad de maquinaria, manteniendo la coherencia entre la carga de trabajo, la asignación de células y la distribución física de los recursos productivos. Se medirá eficiencia de línea, carga y tiempos ociosos. La revisión será mensual o inmediata si la variación supera el 10%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), “Estadísticas estructurales empresariales 2023”.
- [2] J. Cevallos, “Momentos difíciles para el textil ecuatoriano”, *Gestión*, vol. 237, 2014.
- [3] E. J. Avilés Avilés, “Diseño y distribución en planta para la Empresa REENCAVI Compañía Anónima”, *Universidad Politécnica Salesiana*, Cuenca, 2019. Accedido: 22 de septiembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18295>.
- [4] Galindo Álvarez Ana María, Valencia Iglesias Sissy Sabrina, y Cano Menéndez Yander Daniel, “Análisis y diseño de la distribución física de una empresa textil”, ESPOL. FIMCP, Guayaquil, 2009. Accedido: 22 de septiembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31794>.
- [5] D. J. Altamirano Analuisa, A. Lara Flores y W. F. Jiménez Castro, “El emprendimiento del sector textil y confecciones en el desarrollo económico territorial”, *Revista Uniandes Episteme*, vol. 6, n.º 1, 2019. Disponible en: [Revista Uniandes Episteme](#)
- [6] A. P. Valdivieso-Bonilla, J. C. Mairesse Siluk y C. de Freitas Michelin, “Análisis prospectivo estratégico del sector textil productivo ecuatoriano para incrementar la competitividad en las exportaciones”, *Revista de Investigación Sigma*, vol. 9, n.º 2, 2022, doi: 10.24133/sigma.v9i02.2827.
- [7] F. P. Pico-Barrionuevo y A. Labre-Salazar, “Economía Circular y acciones sostenibles de la MIPYME textil: Caso Tungurahua – Ecuador”, *Ciencia UNEMI*, vol. 19, n.º 50, 2026, doi: 10.29076/issn.2528-7737vol19iss50.2026pp12-28p.
- [8] G. Reinoso, A. Vargas, y I. Pico, “Micro Emprendimientos Familiares de Calzado en Tungurahua.”, *Visionario Digital*, vol. 1, n.º 2, pp. 5-18, abr. 2017, doi: 10.33262/visionariodigital.v1i2.239.
- [9] M. V. C. Bravo, “Statistical Analysis of Manufacturing, Trade and Service in the Textile Industry in Ecuador, 2000-2020”, *Open J. Soc. Sci.*, vol. 10, n.º 13, pp. 252-267, 2022, doi: 10.4236/jss.2022.1013020.
- [10] Carlos Oswaldo Rodríguez García, “Proyecto de Producción de Calzado y su Influencia en los Ingresos de los Micro Productores de la Parroquia Quisapincha”, Quito, 2018. Accedido: 22 de septiembre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e4551fa3-075e-422b-937e-e7fd97f8aa06/content>

- [11] S. Salimpour, H. Pourvaziri, y A. Azab, “Solving dynamic facility layout problem using a hybridized heuristic dynamic programming approach”, *Journal of the Operational Research Society*, vol. 76, n.º 6, pp. 1066-1086, 2025, doi: 10.1080/01605682.2024.2408390.
- [12] A. C. Lisboa *et al.*, “An analytical model for coal blending silo number and capacity optimal design”, *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, vol. 0, n.º 0, pp. 1-17, 2025, doi: 10.1080/19392699.2025.2558998.
- [13] H. dos R. Leite y G. E. Vieira, “Lean philosophy and its applications in the service industry: a review of the current knowledge”, *Production*, vol. 25, n.º 3, pp. 529-541, feb. 2015, doi: 10.1590/0103-6513.079012.
- [14] J.-Y. Lee, S.-E. Lee, y D.-W. Lee, “Current status and future prospects of biological routes to bio-based products using raw materials, wastes, and residues as renewable resources”, *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, vol. 52, n.º 14, pp. 2453-2509, 2022, doi: 10.1080/10643389.2021.1880259.
- [15] D. Seth, N. Seth, y P. Dhariwal, “Application of value stream mapping (VSM) for lean and cycle time reduction in complex production environments: a case study”, *Production Planning & Control*, vol. 28, n.º 5, pp. 398-419, 2017, doi:10.1080/09537287.2017.1300352.
- [16] G. Nick, K. Zeleny, T. Kovács, T. Járvas, K. Pocsarovszky, y A. Kö, “Artificial intelligence enriched industry 4.0 readiness in manufacturing: the extended CCMS2.0e maturity model”, *Prod. Manuf. Res.*, vol. 12, n.º 1, p. 2357683, 2024, doi: 10.1080/21693277.2024.2357683.
- [17] A. P. Lista, G. L. Tortorella, M. Bouzon, S. Mostafa, y D. Romero, “Lean layout design: a case study applied to the textile industry”, *Production*, vol. 31, 2021, doi: 10.1590/0103-6513.20210090.
- [18] S. E. M. Silvestre, V. D. P. Chaicha, J. C. A. Merino, y S. Nallusamy, “Implementation of a Lean Manufacturing and SLP- based system for a footwear company”, *Production*, vol. 32, 2022, doi: 10.1590/0103-6513.20210072.
- [19] R. Boonprathueang y C.-C. Liang, “Maximizing pre-production efficiency: integrating fabric grouping functionality into ERP systems for enhanced utilization”, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, pp. 1-13, ago. 2025, doi: 10.1080/02533839.2025.2542461.
- [20] W. R. Jaramillo Montesdeoca, E. Negrín Sosa, y D. J. Zambrano Ortiz, “Propuesta de herramientas para la reducción de los costos de operación en una planta de balanceados”, *Unian des Episteme*, vol. 11, n.º 3, pp. 388-400, jul. 2024, doi: 10.61154/rue.v11i3.3573.
- [21] E. T. Visbal Pérez, “Herramientas tecnológicas aplicables al Kanban para la optimización de los procesos en la empresa”, *revistavisiongerencial*, 2016,

Accedido: 10 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=465545900017>

- [22] M. R. Torres, J. L. Pérez y A. Gómez, «Actividades interdisciplinarias en las asignaturas Ingeniería de Procesos I y Química General I en primer año de la carrera de Ingeniería Química», *Revista Cubana de Química*, vol. 28, pp. 394-408, 2016, [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543743005>
- [23] A. Raheem, M. De Marchi, y P. Dallasega, “Digital twin driven factory and production planning (FPP)”, *Prod. Manuf. Res.*, vol. 13, n.º 1, dic. 2025, doi: 10.1080/21693277.2025.2507954.
- [24] M. P. Ciano, P. Dallasega, G. Orzes, y T. Rossi, “One-to-one relationships between Industry 4.0 technologies and Lean Production techniques: a multiple case study”, *Int. J. Prod. Res.*, vol. 59, n.º 5, pp. 1386-1410, 2021, doi:10.1080/00207543.2020.1821119.
- [25] Y. Bi, L. Pan, y L. Cao, “Research status and development trends of digital twin technology in apparel production: a review”, *The Journal of The Textile Institute*, vol. 0, n.º 0, pp. 1-24, 2025, doi: 10.1080/00405000.2025.2496840.
- [26] S. Rawat y S. Kumar, “Critical review on processing technologies and economic aspect of bio-coal briquette production”, *Prep. Biochem. Biotechnol.*, vol. 52, n.º 8, pp. 855-871, 2022, doi: 10.1080/10826068.2021.2001754.
- [27] P. Bertola, C. Colombi, V. M. Iannilli, y F. Vacca, “From Cultural Branding to Cultural Empowerment through Social Innovation: I Was a Sari—A Design-Driven Indian Case Study”, *Fashion Practice*, vol. 12, n.º 2, pp. 245-263, 2020, doi: 10.1080/17569370.2020.1769354.
- [28] O. O. y . R. P., “Optimización de sistemas simulados a través de técnicas de superficie de respuesta”, *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, vol. 23, pp. 421-428, 2015, [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77241115011>
- [29] H. Nayernia, H. Bahemia, y S. Papagiannidis, “A systematic review of the implementation of industry 4.0 from the organisational perspective”, *Int. J. Prod. Res.*, vol. 60, n.º 14, pp. 4365-4396, 2022, doi: 10.1080/00207543.2021.2002964.
- [30] H. Hellar-Kihampa, “Applicability of green chemistry principles for optimum environmental conservation and sustainability in sub-Saharan Africa”, *Green Chem. Lett. Rev.*, vol. 18, n.º 1, p. 2507331, 2025, doi: 10.1080/17518253.2025.2507331.
- [31] Z. Guo, “A constrained multi-objective dynamic corridor allocation problem model for low-carbon manufacturing”, *Swarm Evol. Comput.*, vol. 100, p. 102221, ene. 2026, doi: 10.1016/J.SWEVO.2025.102221.

- [32] F. E. Meyers y M. P. Stephens, “Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales”. [En línea]. Disponible en: www.pearsoneducacion.net
- [33] B. Díaz, G. • María, y T. Noriega, “Manual para el diseño de instalaciones manufactureras y de servicios”.
- [34] H. W. Bolaños Martínez, “Modelo de gestión de procesos para el área de producción de Embutidos La Madrileña”, 2023, *Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización*. Accedido: 26 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/39411>
- [35] Humberto. Gutiérrez Pulido y R. de la. Vara Salazar, “Control estadístico de la calidad y Seis Sigma”. *McGraw-Hill Interamericana*, 2013.
- [36] G. K. Iparraguirre Sánchez y G. O. Torres Villena, “Lean Manufacturing como metodología para el aumento de la productividad empresarial: Una revisión sistemática”, *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 10, n.º 2, pp. 60-69, dic. 2023, doi: 10.26495/icti.v10i2.2650.
- [37] P. Pérez-Gosende, J. Mula, y M. Díaz-Madroñero, “Facility layout planning. An extended literature review”, *Int. J. Prod. Res.*, vol. 59, n.º 12, pp. 3777-3816, jun. 2021, doi: 10.1080/00207543.2021.1897176.
- [38] A. Drira, H. Pierreval, y S. Hajri-Gabouj, “Facility layout problems: A survey”, *Annu. Rev. Control*, vol. 31, n.º 2, pp. 255-267, ene. 2007, doi: 10.1016/j.arcontrol.2007.04.001.
- [39] A. L. González, L. K. H. Garza, M. A. S. Macías, J. de J. C. Chavarría, J. C. García, y R. H. Orozco, “Implementación de los principios de distribución en planta en el área de acabados y almacén de una empresa de producción de partes ortopédicas”, *South Florida Journal of Development*, vol. 3, n.º 1, pp. 1571-1583, feb. 2022, doi: 10.46932/sfjdv3n1-121.
- [40] J. P. García Sabater, “Distribución en Planta. Nota Técnica”, 21 de octubre de 2020, *Universitat Politècnica de València*. Accedido: 26 de enero de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/152734>
- [41] O. E. Escalante Torres, “Modelo de balance de línea para mejorar la productividad en una empresa de procesamiento de vidrio templado”, *Industrial Data*, vol. 24, n.º 1, pp. 219-242, ago. 2021, doi: 10.15381/idata.v24i1.19814.
- [42] Y. N. Sotskov, “Assembly and Production Line Designing, Balancing and Scheduling with Inaccurate Data: A Survey and Perspectives”, *Algorithms*, vol. 16, n.º 2, p. 100, feb. 2023, doi: 10.3390/a16020100.
- [43] S. E. M. Silvestre, V. D. P. Chaicha, J. C. A. Merino, y S. Nallusamy, “Implementation of a Lean Manufacturing and SLP- based system for a footwear company”, *Production*, vol. 32, 2022, doi: 10.1590/0103-6513.20210072.

- [44] Y. N. Sotskov, "Assembly and Production Line Designing, Balancing and Scheduling with Inaccurate Data: A Survey and Perspectives", *Algorithms*, vol. 16, n.º 2, p. 100, feb. 2023, doi: 10.3390/a16020100.
- [45] I. D. ; A. M. M. E. Herrera-Granda, "Analysis of OM-Based Literature Reviews on Facility Layout Planning.", 2022.
- [46] S. Bonvicini, G. Antonioni, y V. Cozzani, "Assessment of the risk related to environmental damage following major accidents in onshore pipelines", *J. Loss Prev. Process Ind.*, vol. 56, pp. 505-516, nov. 2018, doi: 10.1016/j.jlp.2018.11.005.
- [47] F. Robert Jacobs y R. B. Chase, "Administración De Operaciones".
- [48] O. E. Escalante Torres, "Modelo de balance de línea para mejorar la productividad en una empresa de procesamiento de vidrio templado", *Industrial Data*, vol. 24, n.º 1, pp. 219-242, ago. 2021, doi: 10.15381/idata.v24i1.19814.
- [49] J. M. Criollo Salinas, N. del R. Tixi Cujilema, P. S. Espinoza Beltrán, L. C. Quilligana Guachi, D. R. Soria Caiza, y L. A. Siza Siza, "Gestión de la Producción Industrial". *Instituto de Investigaciones Transdisciplinarias Ecuador - BINARIO*, 2021. doi: 10.56846/bin.ec.SCQF7704.
- [50] Jay. Heizer, J. Elmer. Murrieta Murrieta, y Barry. Render, "Principios de administración de operaciones". *Pearson*, 2009.
- [51] A. M. M. Choque, "Estudio de tiempos y su relación con la productividad", *Revista de Investigación en Ciencias de la Administración ENFOQUES*, vol. 5, n.º 17, pp. 40-54, 2021, doi: 10.33996/revistaenfoques.v5i17.104.
- [52] R. Shamsaddini, S. M. Vesal, y K. Nawaser, "A new model for inventory items classification through integration of ABC-Fuzzy and fuzzy analytic hierarchy process", *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, vol. 19, n.º 2, p. 239, 2015, doi: 10.1504/IJISE.2015.067250.
- [53] M. Ewnetu y Y. Gzate, "Assembly operation productivity improvement for garment production industry through the integration of lean and work-study, a case study on Bahir Dar textile share company in garment, Bahir Dar, Ethiopia", *Heliyon*, vol. 9, n.º 7, p. e17917, jul. 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e17917.

ANEXOS

Anexo A. Venta y promedio de docenas por año

En la Tabla A1 y la Tabla A2 se presentan las tablas que contienen los datos de ventas en docenas de cada producto correspondientes a los años 2023 y 2024.

Tabla A 1. Ventas Mensuales Año 2023

Producto	Ventas mensuales 2023 (Docenas)										
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
SA-001	2629	3083	3205	3340	3068	3068	3349	3031	3188	3032	3032
SN-001	3506	2321	2345	2494	2436	2606	2450	2754	2537	2575	2383
CA-CAL-002	633	585	549	593	565	574	564	582	551	606	546
CA-BL-001	437	327	338	366	375	365	360	335	349	354	381
CA-FU-001	120	180	210	225	230	235	240	250	260	300	320
CA-MO-001	98	111	106	105	117	120	112	114	108	114	121
CN-ROS-001	146	148	119	143	138	135	138	135	139	147	133

Tabla A 2. Ventas Mensuales Año 2024

Producto	Ventas mensuales 2024 (Docenas)										
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
SA-001	2856	3039	3124	3099	3321	3118	3263	3504	3385	3114	3129
SN-001	2279	2245	2404	2331	2573	2273	2223	2242	2348	2327	2608
CA-CAL-002	466	581	553	571	567	579	517	578	552	561	545
CA-BL-001	238	381	344	383	378	374	371	396	345	346	344
CA-FU-001	100	150	200	220	240	255	270	290	320	360	400
CA-MO-001	277	268	251	241	241	245	236	262	266	267	247
CN-ROS-001	138	126	125	123	111	121	123	118	120	114	120

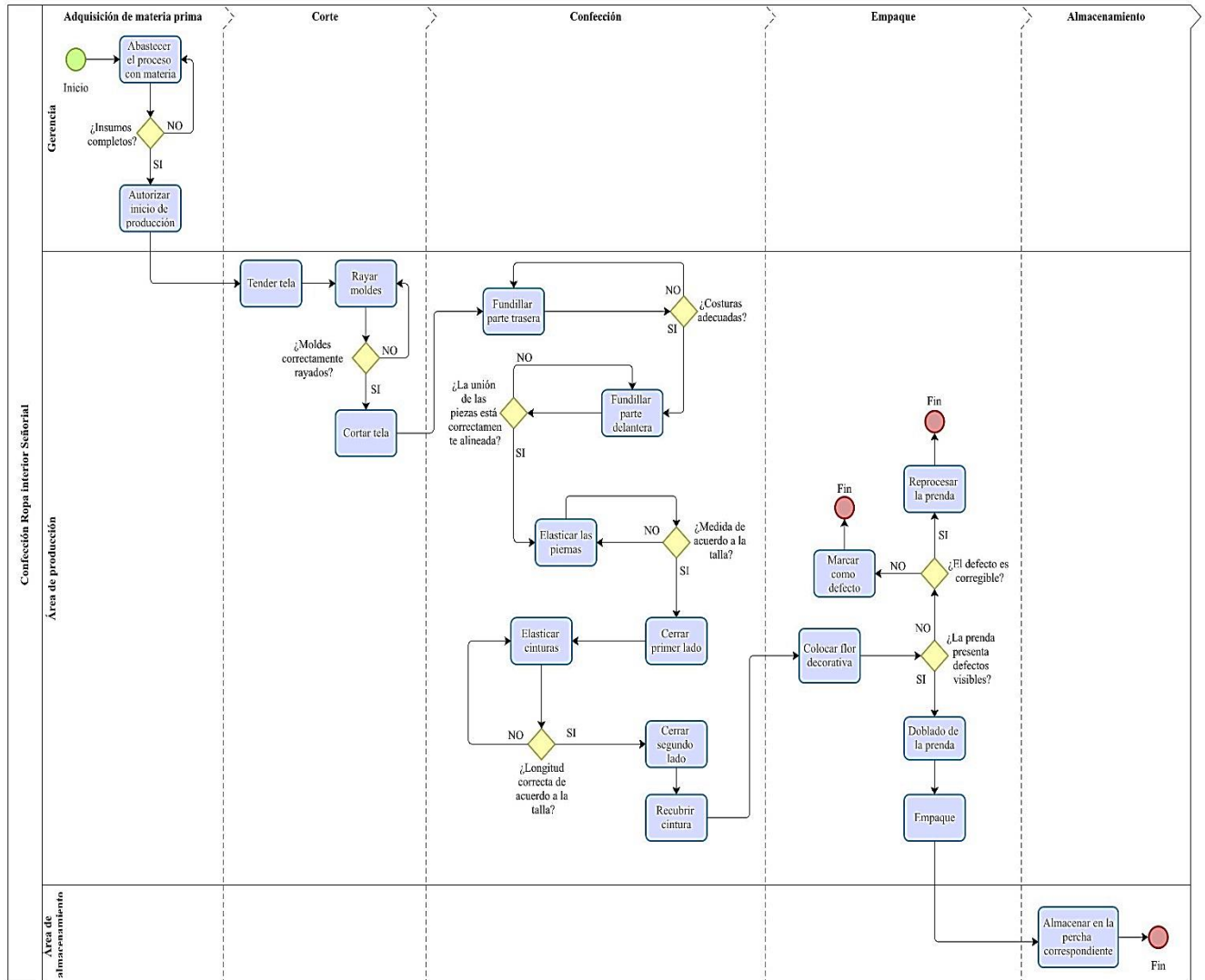
La Tabla A3 muestra los promedios anuales para la realización del Análisis ABC.

Tabla A 3. Promedio Anual

Producto	Promedio de Venta Anual		
	Ventas 2023 (docenas)	Ventas 2024 (docenas)	Promedio Anual
SA-001	3104	3184	3144
SN-001	2566	2346	2456
CA-CAL-002	582	556	569
CA-BL-001	362	356	359
CA-FU-001	237	255	246
CA-MO-001	112	122	117
CN-ROS-001	137	151	144

Anexo B. Flujogramas

En la Figura B1 y la Figura B2 se visualiza los flujogramas de los dos productos seleccionados: SA-001 y CA-BL-001



Powered by
BPM
Modeler

Figura B 1. Flujograma SA-001

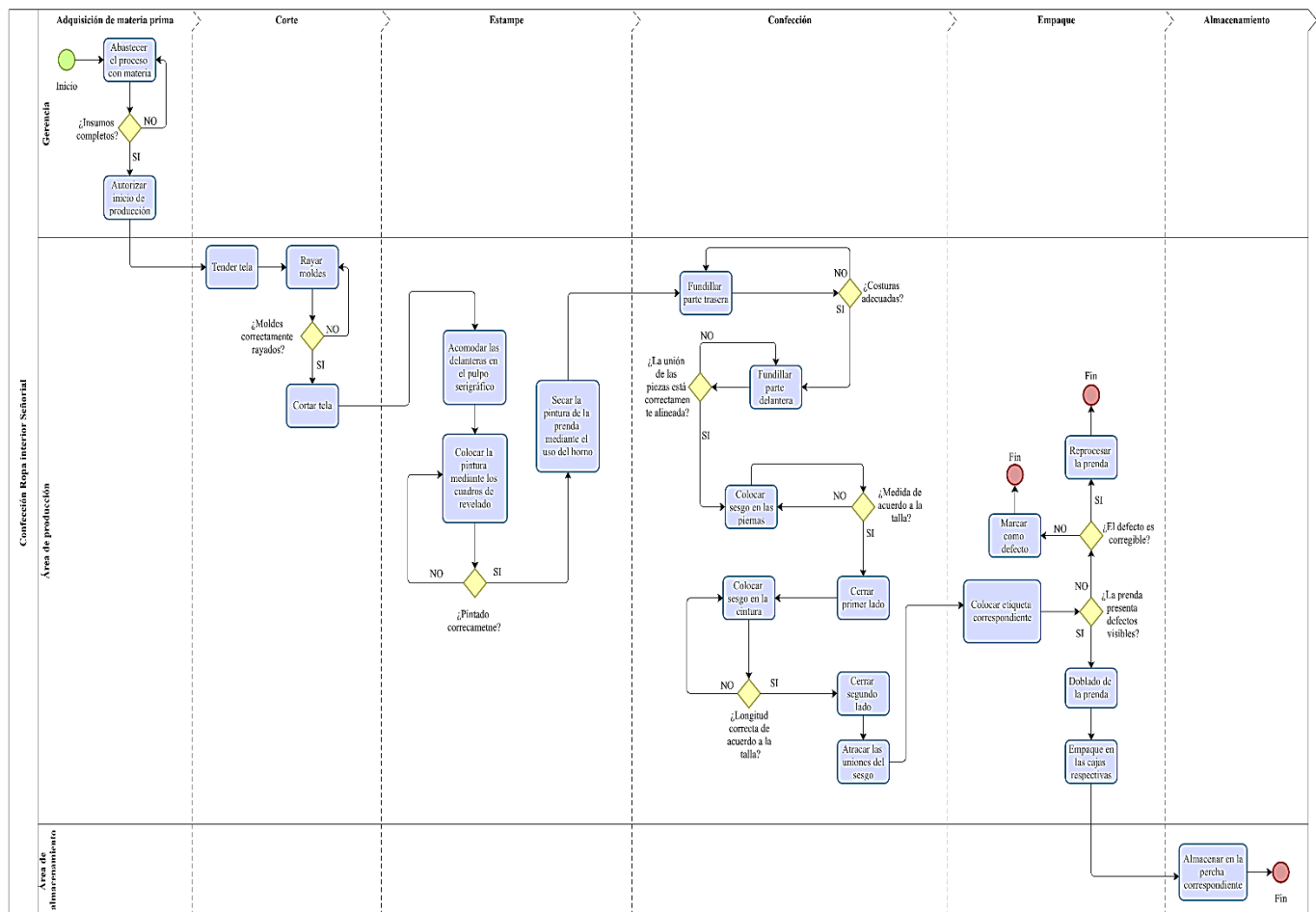


Figura B 2. Flujograma CA-BL-001

Anexo C. Factor de desempeño

En la Tabla C1 y Tabla C2 se muestra el factor de desempeño de los transportes y de las inspecciones respectivamente.

Tabla C 1. Factor de desempeño de Transportes

Factor de Desempeño		
Transporte		
Habilidad	B2	+0.08
Esfuerzo	C2	+0.02
Condiciones	D	+0.00
Consistencia	D	+0.00
TOTAL		0.10

Tabla C 2. Factor de desempeño de Inspecciones

Factor de Desempeño		
Inspección		
Habilidad	B2	0.08
Esfuerzo	C1	0.02
Condiciones	C	0.02
Consistencia	E	-0.02
TOTAL		0.10

Anexo D. Suplementos

La Tabla D1 contiene los suplementos de los transportes y en la Tabla D2 los suplementos de las inspecciones.

Tabla D 1. Suplementos de Transportes

Suplementos	
Transporte	
Necesidades personales	7
Suplementos base por fatiga	4
K. Por trabajar de pie	0
L. Por postura anormal	1
M. Uso de la fuerza	0
N. Mala iluminación	0
O. Condiciones atmosféricas	0
P. Concentración intensa	0
Q. Ruido	0
R. Tensión mental	1
S. Monotonía	1
T. Tedio	1
TOTAL	15% = 0.15

Tabla D 2. Suplementos de Inspecciones

Suplementos	
Inspecciones	
Necesidades personales	7
Suplementos base por fatiga	4
U. Por trabajar de pie	4
V. Por postura anormal	0
W. Uso de la fuerza	0
X. Mala iluminación	0
Y. Condiciones atmosféricas	0
Z. Concentración intensa	0
AA. Ruido	0
BB. Tensión mental	0
CC. Monotonía	0
DD. Tedio	0
TOTAL	27% = 0.15

Anexo E. Tiempo Estándar

Se presenta en las siguientes tablas desde Tablas E1 hasta la Tabla E8 los tiempos estándares de los dos productos escogidos.

Tabla E 1. Tiempos de Operaciones de SA-001

Código del Producto: SA-001		Nombre del Producto: Ropa Interior Señorial Adulta				Operación: Proceso de confección						Elaborado por: María José Manobanda Poaquiza				Revisado por: Ing. Daysi Ortiz								
Fecha: 29/03/2026		Tipo de Cronometraje				Método																		
		Acumulativo	Vuelta a Cero			Actual	X	Propuesto																
Nº	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	$\bar{T}$	Fd	TN	(Desviación)	N	S	Ts (seg)	Ts (min)	Ts (Hora)			
1	Tendido de tela	18.80	18.08	19.56	18.48	19.28	17.58	17.36	18.42	19.08	19.23	185.87	18.59	1.17	21.75	0.74	8.00	0.27	27.62	0.46	0.01			
2	Trazado de los moldes	14.20	15.03	14.38	12.95	12.83	14.02	14.60	13.94	14.09	14.77	140.81	14.08	1.17	16.47	0.72	8.00	0.27	20.92	0.35	0.01			
3	Corte de tela	22.30	21.30	22.55	20.86	21.95	21.75	21.35	22.53	22.73	23.40	220.72	22.07	1.17	25.82	0.77	8.00	0.27	32.80	0.55	0.01			
4	Fundillado trasera	15.98	13.22	15.47	13.95	15.50	13.98	13.84	14.22	13.62	12.08	141.86	14.19	1.28	18.16	1.18	8.00	0.22	22.15	0.37	0.01			
5	Fundillado delantera	14.26	15.15	11.58	13.76	12.75	13.08	13.99	12.37	17.51	14.43	138.88	13.89	1.28	17.78	1.66	8.00	0.22	21.69	0.36	0.01			
6	Colocación de elástico de pierna	15.25	15.58	18.35	14.76	18.80	15.83	17.65	17.99	16.62	18.42	169.25	16.93	1.28	21.66	1.49	8.00	0.22	26.43	0.44	0.01			
7	Cerrado primer lado (colocación de talla)	10.91	12.07	12.62	10.05	10.00	10.96	10.17	12.86	11.38	12.35	113.37	11.34	1.28	14.51	1.09	8.00	0.22	17.70	0.30	0.00			
8	Colocación de elástico de cintura	7.20	7.84	8.85	7.15	6.86	6.92	6.78	6.98	8.07	8.80	75.45	7.55	1.28	9.66	0.79	8.00	0.22	11.78	0.20	0.00			
9	Cerrado segundo lado	11.39	12.33	11.93	11.09	12.09	11.88	10.33	12.33	11.39	10.54	115.30	11.53	1.28	14.76	0.71	8.00	0.22	18.01	0.30	0.01			
10	Recubrir cintura	9.02	9.65	8.83	9.08	10.12	9.38	9.34	8.98	9.31	10.20	93.91	9.39	1.28	12.02	0.47	8.00	0.22	14.66	0.24	0.00			
11	Pegar flor (parte frontal del recubierto)	3.26	3.01	3.21	2.85	3.25	3.10	3.58	2.08	2.81	3.17	30.32	3.03	1.10	3.34	0.40	8.00	0.23	4.10	0.07	0.00			
12	Doblar el interior finalizado	9.16	9.20	9.27	8.95	8.79	8.12	9.44	8.80	7.25	8.90	87.88	8.79	1.10	9.67	0.65	8.00	0.23	11.89	0.20	0.00			
13	Empacar la docena en su funda correspondiente	4.05	4.98	5.18	4.56	4.19	4.77	4.09	5.04	4.01	3.91	44.78	4.48	1.10	4.93	0.48	8.00	0.23	6.06	0.10	0.00			
TOTAL																			235.82		3.93		0.07	

Tabla E 2. Tiempos de Transporte de SA-001

FORMULARIO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

Código del Producto: SA-001		Nombre del Producto: Ropa Interior Señorial Adulta				Operación: Transportes de SA-001						Elaborado por: María José Manobanda Poaquiza				Revisado por: Ing. Daysi Ortiz								
Fecha: 29/03/2026		Tipo de Cronometraje				Método																		
		Acumulativo	Vuelta a Cero			Actual	X		Propuesto															
Nº	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	T̄	Fd	TN	(Desviación)	N	S	Ts (seg)	Ts (min)	Ts (Hora)			
1	Transporte para fundillo trasero	16.19	18.12	17.39	16.94	15.47	15.47	15.14	17.83	16.95	17.31	166.80	16.68	1.1	18.3479	1.05E+00	2	0.15	21.10	0.35	0.01			
2	Transporte para fundillo delantero	1.13	1.36	1.33	1.18	1.17	1.17	1.20	1.25	1.23	1.20	12.20	1.22	1.1	1.34211	7.38E-02	2	0.15	1.54	0.03	0.00			
3	Transporte a máquina elasticadora	3.32	3.02	3.12	3.17	3.22	3.43	3.06	3.26	3.31	2.96	31.88	3.19	1.1	3.5068	1.49E-01	2	0.15	4.03	0.07	0.00			
4	Transporte a máquina overlock	3.65	3.34	3.26	3.90	3.91	3.79	3.43	3.29	3.71	3.53	35.80	3.58	1.1	3.93789	2.46E-01	2	0.15	4.53	0.08	0.00			
5	Transporte a máquina elasticadora de cintura	4.80	5.18	4.71	5.60	4.94	5.35	5.00	5.21	5.23	4.87	50.89	5.09	1.1	5.59801	2.75E-01	2	0.15	6.44	0.11	0.00			
6	Transporte a máquina overlock	4.70	4.53	4.68	4.64	4.38	4.66	3.94	4.03	3.90	4.14	43.60	4.36	1.1	4.79611	3.28E-01	2	0.15	5.52	0.09	0.00			
7	Transporte a máquina de recubierto	3.36	3.28	3.66	3.34	3.28	3.46	3.19	3.64	3.14	3.76	34.10	3.41	1.1	3.75078	2.12E-01	2	0.15	4.31	0.07	0.00			
8	Transporte a mesa de empaquetado	4.62	4.12	3.95	4.65	4.56	4.58	4.62	4.01	4.26	4.05	43.40	4.34	1.1	4.77411	2.90E-01	2	0.15	5.49	0.09	0.00			
9	Transporte a bodega	4.32	4.13	3.89	3.68	3.88	3.89	4.22	4.14	4.34	4.01	40.50	4.05	1.1	4.455	2.17E-01	2	0.15	5.12	0.09	0.00			
TOTAL																			61.20		1.02		0.02	

Tabla E 3. Tiempos de Inspección de SA-001

FORMULARIO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

Código del Producto: SA-001		Nombre del Producto: Ropa Interior Señorial Adulta				Operación: Inspecciones de SA-001						Elaborado por: María José Manobanda Poaquiza				Revisado por: Ing. Daysi Ortiz				
Fecha: 29/03/2026		Tipo de Cronometraje				Método														
		Acumulativo	Vuelta a Cero			Actual	X		Propuesto											

Nº	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	T̄	Fd	TN	(Desviación)	N	S	Ts (seg)	Ts (min)	Ts (Hora)
1	Inspección de alineación de telas	0.55	1.13	0.91	0.78	0.33	0.33	0.24	1.04	0.78	0.89	6.97	0.70	1.10	0.77	0.32	3.00	0.15	0.88	0.01	0.00
2	Inspección de medida de pierna	3.15	4.10	3.96	3.34	3.31	3.31	3.43	3.65	3.56	3.42	35.25	3.52	1.10	3.88	0.30	3.00	0.15	4.46	0.07	0.00
3	Inspección de ancho de cintura	2.82	2.35	2.50	2.57	2.66	2.99	2.41	2.72	2.80	2.25	26.05	2.61	1.10	2.87	0.23	3.00	0.15	3.30	0.05	0.00
4	Inspección final	4.42	3.98	3.87	4.76	4.78	4.62	4.11	3.91	4.49	4.25	43.18	4.32	1.10	4.75	0.34	3.00	0.15	5.46	0.09	0.00
TOTAL																			14.10	0.23	0.00

Tabla E 4. Tiempos de Operaciones de CA-BL-001

FORMULARIO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

Código del Producto: CA-BL-001		Nombre del Producto: Ropa Interior Femenino Tanga				Operación: Proceso de confección							Elaborado por: María José Manobanda Poaquiza					Aprobado por: Ing. Daysi Ortiz																				
Fecha: 02/04/2026		Tipo de Cronometraje				Método																																
		Acumulativo	Vuelta a Cero			Actual	X	Propuesto																														
Nº	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	T̄	Fd	TN	S (Desviación)	I	N	S	Ts (seg)	Ts (min)	Ts (Hora)																
1	Tendido de tela	18.60	18.90	19.30	18.10	19.00	17.80	18.40	19.10	18.70	18.50	186.40	18.64	1.17	21.81	0.46	1.86	1	0.27	27.697	0.462	0.008																
2	Trazado de los moldes	14.50	13.90	14.70	13.60	14.20	14.90	13.80	14.40	14.10	14.60	142.70	14.27	1.17	16.70	0.42	1.43	1	0.27	21.204	0.353	0.006																
3	Corte de tela	21.40	20.90	22.10	21.70	20.50	21.20	22.00	21.50	20.80	21.90	214.00	21.40	1.17	25.04	0.54	2.14	1	0.27	31.798	0.530	0.009																
4	Serigrafía	23.60	24.10	22.90	23.30	24.50	23.80	22.70	24.00	23.50	23.10	235.50	23.55	1.21	28.50	0.57	2.36	1	0.24	35.334	0.589	0.010																
5	Secado de la prenda	18.90	19.40	18.20	19.10	18.70	19.60	18.50	19.00	18.80	19.30	189.50	18.95	1.21	22.93	0.42	1.90	1	0.24	28.433	0.474	0.008																
6	Fundillado trasera	15.20	14.60	15.80	13.90	14.70	15.00	14.20	15.50	14.90	13.80	147.60	14.76	1.28	18.89	0.66	1.48	1	0.22	23.049	0.384	0.006																
7	Fundillado delantera	14.80	15.10	13.90	14.30	15.40	14.00	13.60	14.70	15.00	14.20	145.00	14.50	1.28	18.56	0.59	1.45	1	0.22	22.643	0.377	0.006																
8	Colocación de sesgo en pierna	17.60	18.40	17.90	18.80	19.10	18.20	17.50	18.60	19.00	18.10	183.20	18.32	1.28	23.45	0.56	1.83	1	0.22	28.609	0.477	0.008																
9	Cerrado primer lado (colocación de talla)	11.40	12.10	11.80	10.90	11.60	12.00	11.20	11.70	12.30	11.50	116.50	11.65	1.28	14.91	0.42	1.17	1	0.22	18.193	0.303	0.005																
10	Colocación de sesgo en cintura	8.40	8.90	8.10	8.70	9.20	8.50	8.00	8.80	9.00	8.60	86.20	8.62	1.28	11.03	0.38	0.86	1	0.22	13.461	0.224	0.004																
11	Cerrado segundo lado	11.70	12.00	11.30	12.20	11.50	11.90	12.40	11.60	11.80	12.10	118.50	11.85	1.28	15.17	0.34	1.19	1	0.22	18.505	0.308	0.005																
12	Atracado de la prenda	10.20	10.80	9.70	10.50	11.00	10.10	9.90	10.60	10.40	10.70	103.90	10.39	1.28	13.30	0.41	1.04	1	0.22	16.225	0.270	0.005																
13	Colocar plastiflecha	4.70	5.10	4.40	4.90	5.00	4.60	4.80	5.20	4.50	4.90	48.10	4.81	1.10	5.29	0.26	0.48	1	0.23	6.508	0.108	0.002																
14	Doblar el interior finalizado	8.90	9.30	8.50	9.10	8.70	9.40	8.80	9.00	8.60	9.20	89.50	8.95	1.10	9.85	0.30	0.90	1	0.23	12.109	0.202	0.003																
15	Empacar la docena en su caja correspondiente	5.00	5.40	4.80	5.20	5.10	4.90	5.30	5.00	4.70	5.20	50.60	5.06	1.10	5.57	0.22	0.51	1	0.23	6.846	0.114	0.002																
TOTAL																																				310.614	6.125	0.086

Tabla E 5. Tiempos de Transporte de CA-BL-001

FORMULARIO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

Código del Producto: CA-BL-001		Nombre del Producto: Ropa Interior Femenino Tanga				Operación: Transportes de CA-BL-001						Elaborado por: María José Manobanda Poaquiza				Revisado por: Ing. Daysi Ortiz				
Fecha: 29/03/2026		Tipo de Cronometraje				Método														
		Acumulativo	Vuelta a Cero			Actual	X		Propuesto											

Nº	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	T̄	Fd	TN	S (Desviación)	N	S	Ts (seg)	Ts (min)	Ts (Hora)
1	Transporte para el área de serigrafía	84.40	87.34	86.22	85.54	83.28	83.28	82.78	86.91	85.55	86.10	851.40	85.14	0.1	8.51401	1.61E+00	1	0.15	9.79	0.16	0.00
2	Transporte para fundillo trasero	27.71	29.33	29.09	28.04	27.99	27.99	28.20	28.57	28.41	28.17	283.50	28.35	1.1	31.185	5.14E-01	1	0.15	35.86	0.60	0.01
3	Transporte para fundillo delantero	2.19	2.13	2.15	2.16	2.17	2.21	2.13	2.18	2.19	2.11	21.60	2.16	1.1	2.376	3.03E-02	1	0.15	2.73	0.05	0.00
4	Transporte a máquina sesgadora	3.10	3.02	3.00	3.16	3.16	3.14	3.04	3.00	3.11	3.07	30.80	3.08	1.1	3.38778	6.33E-02	1	0.15	3.90	0.06	0.00
5	Transporte a máquina overlock	4.24	4.33	4.21	4.44	4.27	4.38	4.29	4.34	4.35	4.25	43.10	4.31	1.1	4.741	7.01E-02	1	0.15	5.45	0.09	0.00
6	Transporte a máquina sesgadora	4.54	4.48	4.53	4.52	4.44	4.52	4.30	4.33	4.29	4.36	44.30	4.43	1.1	4.87311	1.00E-01	1	0.15	5.60	0.09	0.00
7	Transporte a máquina overlock	3.21	3.18	3.29	3.20	3.18	3.24	3.16	3.29	3.14	3.32	32.20	3.22	1.1	3.54211	6.01E-02	1	0.15	4.07	0.07	0.00
8	Transporte a máquina atracadora	2.16	2.09	2.06	2.17	2.15	2.16	2.16	2.07	2.11	2.08	21.20	2.12	1.1	2.332	4.24E-02	1	0.15	2.68	0.04	0.00
9	Transporte a mesa de empaquetado	10.59	10.44	10.26	10.09	10.25	10.26	10.51	10.45	10.61	10.35	103.80	10.38	1.1	11.4181	1.67E-01	1	0.15	13.13	0.22	0.00
10	Transporte a bodega	7.14	7.40	7.42	7.33	7.42	7.30	7.31	7.27	7.09	7.13	72.80	7.28	1.1	8.008	1.22E-01	1	0.15	9.21	0.15	0.00
TOTAL																			97.20	1.62	0.02

Tabla E 6. Tiempos de Inspección de CA-BL-001

FORMULARIO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

Código del Producto: CA-BL-001		Nombre del Producto: Ropa Interior Femenino Tanga				Operación: Inspecciones de CA-BL-001						Elaborado por: María José Manobanda Poaquiza					Revisado por: Ing. Daysi Ortiz				
Fecha: 29/03/2026		Tipo de Cronometraje				Método															
		Acumulativo	Vuelta a Cero			Actual	X	Propuesto													

Nº	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	T̄	Fd	TN	S (Desviación)	N	S	Ts (seg)	Ts (min)	Ts (Hora)
1	Inspección de alineación de telas	0.694	0.924	0.84	0.783	0.61	0.61	0.57	0.89	0.784	0.83	7.52	0.75	1.10	0.83	0.13	3	0.15	0.95	0.02	0.00026
2	Inspección de una serigrafía correcta	1.879	2.259	2.2	1.956	1.94	1.94	1.99	2.081	2.044	1.99	20.29	2.03	1.10	2.23	0.12	3	0.15	2.57	0.04	0.00071
3	Inspección de medida de pierna	2.658	2.469	2.53	2.56	2.6	2.73	2.49	2.619	2.65	2.43	25.74	2.57	1.10	2.83	0.09	3	0.15	3.26	0.05	0.00090
4	Inspección de ancho de cintura	3.411	3.236	3.19	3.548	3.55	3.49	3.29	3.207	3.442	3.34	33.72	3.37	1.10	3.71	0.14	3	0.15	4.27	0.07	0.00118
5	Inspección final	2.708	2.857	2.67	3.023	2.76	2.92	2.78	2.867	2.878	2.73	28.21	2.82	1.10	3.10	0.11	3	0.15	3.57	0.06	0.00099
TOTAL																			14.61	0.24	0.004058

Tabla E 7. Tabla Resumen de SA-001

Tabla Resumen			
SA-001	Ts (seg)	Ts (min)	Ts (Hora)
Operaciones	235.82	3.93	0.07
Transportes	58.09	1.02	0.02
Inspecciones	14.10	0.23	0.00
TOTAL	308.00	5.19	0.09

Tabla E 8. Tabla Resumen de CA-BL-001

Tabla Resumen			
CA-BL-001	Ts (seg)	Ts (min)	Ts (Hora)
Operaciones	310.61	6.13	0.09
Transportes	82.64	1.62	0.02
Inspecciones	14.61	0.24	0.00
TOTAL	407.86	7.99	0.11

Anexo F. Dimensionamiento del espacio

Tabla F 1. Máquinas/Equipos

Maquinaria/Equipos					
Fecha de estudio			11/04/2026		
Nombre del Observador			María Manobanda		
Revisado por			Ing. Daysi Ortiz		
Etapa Corte					
Nombre	n	N	Código	Descripción	Fotografía
Cortadora	1	1	M1	<ul style="list-style-type: none">- Máquina cortadora de tela.✓ Marca: JONTEX✓ Voltaje: 110V✓ Frecuencia: 60Hz✓ Corriente: 8.8A✓ Velocidad: 2800/3400	
Dimensiones					
L (m)	A (m)	H (m)			
0.15	0.25	0.50			
Etapa Estampado					
Nombre	n	N	Código	Descripción	Fotografía
Estampadora	1	1	M2	<ul style="list-style-type: none">- Aplica diseños o patrones sobre la tela de manera uniforme.✓ Voltaje: 220 V✓ Velocidad de estampado ajustable según tipo de tela.	
Dimensiones					
L (m)	A (m)	H (m)			
0.90	1.15	1.30			
Pulpo Serigráfico	1	1	M3	<ul style="list-style-type: none">- Estampa varias piezas de tela simultáneamente mediante serigrafía.✓ Permite impresión rápida de múltiples unidades.	
Dimensiones					
L (m)	A (m)	H (m)			
Diámetro= 2.50		1.30			
Horno Serigráfico	1	2	M12	<ul style="list-style-type: none">- Fija la tinta sobre la tela para asegurar la durabilidad del estampado.✓ Voltaje: 220 V✓ Temperatura y tiempo de fijación ajustables según el tipo de tinta.	
Dimensiones					
L (m)	A (m)	H (m)			
1.75	0.80	1.10			

Maquinaria/Equipos				 Suave e íntima como tu piel	
Etapas Confección					
Nombre	n	N	Código	Descripción	Fotografía
Overlock	3	1	M4	<ul style="list-style-type: none">- Unión de telas✓ Espesor de costura: 5mm✓ Componentes principales: PLC✓ Peso: 60Kg	
Dimensiones					
L (m)	A (m)		H (m)		
1.20	0.54		1.20		
Elasticadora pierna	2	1	M5	<ul style="list-style-type: none">- Une el elástico a la prenda, ajustable su medida✓ Velocidad máxima: 4500rpm✓ Altura de levantamiento de la prensa telas: 8mm.	
Dimensiones					
L (m)	A (m)		H (m)		
1.20	0.54		1.20		
Sesgadora	1	1	M6	<ul style="list-style-type: none">- Corta bordes de tela y da forma según el patrón.✓ Voltaje: 220 V✓ Precisión en corte para mantener la calidad de las piezas.	
Dimensiones					
L (m)	A (m)		H (m)		
1.20	0.54		1.30		
Elasticadora cintura	2	1	M7	<ul style="list-style-type: none">- Une el elástico a la prenda, ajustable su medida.✓ Velocidad máxima: 4500rpm✓ Altura de levantamiento de la prensa telas: 8mm.	
Dimensiones					
L (m)	A (m)		H (m)		
1.20	0.54		1.20		
Atracadora	1	1	M8	<ul style="list-style-type: none">- Une piezas de tela mediante costura de refuerzo.✓ Voltaje: 220 V✓ Ajuste de presión para distintos tipos de tela.	
Dimensiones					
L (m)	A (m)		H (m)		
1.20	0.54		1.20		
Recta	1	1	M9	<ul style="list-style-type: none">- Realiza costura recta para ensamblaje de la prenda.	
Dimensiones					

Maquinaria/Equipos					
L (m)	A (m)		H (m)	✓ Voltaje: 220 V ✓ Velocidad máxima ajustable según la operación.	
1.20	0.54		1.20		
Recubridora Plana	1	1	M10	- Cubre bordes de tela para acabado profesional de las costuras.	
Dimensiones					
L (m)	A (m)		H (m)		
1.20	0.54		1.20	✓ Voltaje: 220 V ✓ Permite regulación del ancho de cobertura y presión del hilo.	
Recubridora Codo	2	1	M11	- Recubre prendas cuenta con hilo y seda	
Dimensiones					
L (m)	A (m)		H (m)		
1.20	0.54		1.20	✓ Aguja: 2 ✓ Tipo: Codo ✓ Motor: Convencional/Servo	
Etapa Empaque					
Nombre	n	N	Código	Descripción	Fotografía
Pistola de silicón	2	1	E1	Funcionamiento con calor para derretir la barra de silicón de largo 20cm y un diámetro de 11.2mm Marca: STANLEY Voltaje: 120V Frecuencia: 60Hz Potencia: 30W	
Pulidora	10	1	E2	Instrumento utilizado para eliminar con precisión el exceso de hilo, costuras o elásticos sobrantes durante el proceso de producción, garantizando acabados limpios y uniformes en cada prenda.	
Plastiflecha	2	1	E3	Herramienta empleada para adherir etiquetas de manera precisa, de acuerdo con el diseño del interior y las especificaciones del empaque.	