



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

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

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN**

Tema:

**“ESTRATEGIA DE MANUFACTURA PARA EL CONTROL DE LA
PRODUCCIÓN EN EL ÁREA DE LAVADO Y TEÑIDO DE LA
FÁBRICA RAM JEANS”**

Proyecto de Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Sistema de administración de la productividad y competitividad empresarial.

AUTOR: Ricardo Javier Amán Morales

PROFESOR REVISOR: Ing. Darwin Santiago Aldás Salazar Mg.

Ambato – Ecuador

Junio 2017

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Titulación sobre el tema: “ESTRATEGIA DE MANUFACTURA PARA EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN EL ÁREA DE LAVADO Y TEÑIDO DE LA FÁBRICA RAM JEANS” del señor Ricardo JAVIER Amán Morales, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato Junio, 2017

EL TUTOR



.....

Ing. Darwin Santiago Aldás Salazar Mg.

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: “ESTRATEGIA DE MANUFACTURA PARA EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN EL ÁREA DE LAVADO Y TEÑIDO DE LA FÁBRICA RAM JEANS”, es absolutamente original, personal y auténtico por lo que el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato Junio, 2017



Ricardo Javier Amán Morales

CC: 180462083-7

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, confines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato Junio, 2017



Ricardo Javier Amán Morales

CC: 180462083-7

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes calificadores, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado **ESTRATEGIA DE MANUFACTURA PARA EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN EL ÁREA DE LAVADO Y TEÑIDO DE LA FÁBRICA RAM JEANS**”, presentado por el señor Ricardo Javier Amán Morales, de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.




Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Ing. Luis Alberto Morales Perrazo

DOCENTE CALIFICADOR



Ing. John Paúl Reyes Vásquez

DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA:

Este trabajo va dedicado principalmente a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres Héctor y Cecilia por ser el pilar fundamental en este logro alcanzado, en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mi hermana Angélica a quien quiero y estimo mucho, la cual me ha brindado su apoyo en todo momento e impulsado a seguir adelante, muchas gracias.

Ricardo Javier Amán Morales

AGRADECIMIENTO:

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

A mis padres, hermana y familiares por el constante apoyo brindado en todo momento, para que ahora este culminando este gran sueño anhelado.

A la Universidad Técnica de Ambato en especial a la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial porque en sus aulas me formé con grandes maestros y en donde conocí a grandes amigos.

A mi tutor Ing. Darwin Santiago Aldás Salazar Mg. por ofrecerme su conocimiento y dedicación siendo un aporte fundamental para concluir el presente trabajo y estudios con éxito.

Ricardo Javier Amán Morales

ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
DEDICATORIA:	vi
AGRADECIMIENTO:	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	xx
CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA.....	1
1.1. Tema.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	1
1.3. Delimitación del problema.....	2
1.3.1. De contenido	2
1.3.2. Espacial	3
1.3.3. Temporal	3
1.4. Justificación.....	3
1.5. Objetivos	4
1.5.1. Objetivo general.....	4
1.5.2. Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes investigativos	5
2.2. Fundamentación teórica	7
2.2.1. Sistemas de producción push y pull.....	7
2.2.2. Estrategias de control de la producción basadas en sistemas pull	8
2.2.3. Sistema Kanban	9
2.2.4. Sistema Conwip	10

2.2.5.	Sistema DBR (Tambor-amortiguador-cuerda)	12
2.2.6.	Parámetros de producción.....	13
2.2.7.	Simulación de sistemas de producción	15
2.2.8.	Medición de trabajo	16
2.2.9.	Estudio de tiempos.....	16
2.3.	Propuesta de solución.....	21
CAPÍTULO III.....		22
METODOLOGÍA		22
3.1.	Modalidad de investigación	22
3.1.1.	Investigación de campo	22
3.1.2.	Investigación bibliografía documental.....	22
3.1.3.	Investigación experimental	22
3.2.	Población y muestra	23
3.3.	Recolección de información.....	23
3.4.	Procesamiento y análisis de datos	23
3.5.	Desarrollo del proyecto	25
CAPÍTULO IV		26
DESARROLLO DE LA PROPUESTA		26
4.1.	Introducción a la empresa	26
4.2.	Proceso productivo de la fábrica Ram Jeans.....	29
4.2.1.	Descripción de las áreas de trabajo.....	30
4.2.2.	Selección del área de trabajo para estudio	36
4.2.3.	Método actual de trabajo para el lavado y teñido de pantalones jeans	38
4.2.4.	Diagrama de ensamble del método actual	38
4.2.5.	Cursograma analítico método actual.....	45
4.2.6.	Layout actual del área de lavado y teñido de la fábrica Ram Jeans.....	47
4.2.7.	Diagrama de recorrido actual.....	48
4.3.	Descripción de las actividades	52
4.4.	Estudio de tiempos	55
4.4.1.	Cálculo del número de observaciones	56
4.4.2.	Tiempo estándar.....	57
4.4.3.	Resultados del estudio de tiempos	59

4.4.4.	Tiempos para la simulación	61
4.5.	Análisis y comparación de las estrategias de manufactura tipo pull.....	61
4.6.	Simulación de las estrategias de control de la producción.....	65
4.6.1.	Información preliminar	65
4.6.2.	Simulación modelo actual.....	65
4.6.3.	Simulación modelo Kanban.....	66
4.6.4.	Simulación modelo Conwip.....	82
4.6.5.	Simulación modelo DBR	94
4.7.	Análisis de resultados.....	107
4.8.	Selección de la estrategia de control de la producción	110
CAPÍTULO V		110
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		110
5.1.	Conclusiones	110
5.2.	Recomendaciones.....	112
BIBLIOGRAFÍA		113
ANEXOS		117
Anexo 1:	Layout de la Fábrica	117
Anexo 2:	Estudio de tiempos	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número de observaciones por ciclo de trabajo [24].	17
Tabla 2: Valoración del ritmo de trabajo [25].	19
Tabla 3: Sistema de suplementos por descanso [26].	20
Tabla 4: Población de estudio	23
Tabla 5: Cursograma analítico del lavado y teñido de pantalones jeans	45
Tabla 6: Actividad de manualidades	52
Tabla 7: Actividad de pesaje	52
Tabla 8: Actividad de desengome	53
Tabla 9: Actividad de Stone	53
Tabla 10: Actividad de Teñido	53
Tabla 11: Actividad de Fijación	54
Tabla 12: Actividad de Suavizado	54
Tabla 13: Actividad de Centrifugado	54
Tabla 14: Actividad de Secado	55
Tabla 15: Actividad de Clasificación	55
Tabla 16: Número recomendado de observaciones [27].	56
Tabla 17: Cálculo del número de observaciones: Actividad - Manualidades	56
Tabla 18: Resumen del número de observaciones	57
Tabla 19: Valoración del ritmo de trabajo de para la actividad de manualidades	57
Tabla 20: Estudio de tiempos de la actividad manualidades	58
Tabla 21: Suplementos por descanso actividad manualidades [26].	59
Tabla 22: Tiempo estándar actividad manualidades	59
Tabla 23: Resultados del estudio de tiempos	60
Tabla 24: Tiempos de transporte entre áreas de trabajo	60
Tabla 25: Tiempos para la simulación	61
Tabla 26: Comparación de los sistemas Kanban, Conwip y DBR.	63
Tabla 27: Arribos de pedidos	69
Tabla 28: Proceso modelo Kanban	74
Tabla 29: Resumen de resultados de la simulación del Modelo Kanban	79
Tabla 30: Proceso modelo Conwip	87
Tabla 31: Resumen de resultados de la simulación del modelo Conwip	92

Tabla 32: Resumen de la tasa de cuello de botella.	95
Tabla 33: Proceso modelo DBR	100
Tabla 34: Resumen de resultados de la simulación del modelo DBR.	105
Tabla 35: Resumen de los resultados obtenidos de la simulación.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de producción tipo Pull [7].	8
Figura 2. Esquema de producción tipo Push [15].	8
Figura 3. Sistema Kanban [6].	10
Figura 4. Sistemas Conwip [6].	11
Figura 5. Sistema de producción DBR [20].	13
Figura 6. Mapa de ubicación de la empresa.	26
Figura 7. Vista satelital de la empresa	27
Figura 8. Área de corte de tela.	30
Figura 9. Cocido de bordes de las piezas.	31
Figura 10. Confección de piezas delanteras y posteriores.	31
Figura 11. Colocación de cierres.	31
Figura 12. Unión de piezas posteriores y delanteras	32
Figura 13. Cosido de bastas.	32
Figura 14. Cosido de pretinas.	32
Figura 15. Tracado de pasadores y ojalado.	32
Figura 16. Realización de manualidades.	33
Figura 17. Desgomado de las prendas.	33
Figura 18. Proceso de stone.	34
Figura 19. Teñido de las prendas.	34
Figura 20. Fijación del color de las prendas.	34
Figura 21: Lavado de las prendas.	35
Figura 22: Suavizado de las prendas.	35
Figura 23: Centrifugado de las prendas.	35
Figura 24: Secado de las prendas.	36
Figura 25: Área de Terminado	36
Figura 26: Mapa de procesos del ámbito (Lavado y teñido)	37
Figura 27: Diagrama de ensamble: Área de montaje.	44
Figura 29: Diagrama de recorrido de Lavado y Teñido.	50
Figura 30: Diagrama de recorrido Centrifugado – Secado - Clasificación.	51
Figura 31. Esquema gráfico del modelo actual.	66
Figura 32. Resultados modelo actual.	66

Figura 33. Representación del sistema Kanban [13].	67
Figura 34. Locaciones modelo Kanban	67
Figura 35. Entidades modelo Kanban	68
Figura 36. Arribos modelo Kanban	68
Figura 37: Resultados de la distribución utilizando la herramienta Stat Fit.	69
Figura 38. Trayectorias modelo Kanban	70
Figura 39: Interfaces modelo Kanban	70
Figura 40. Recursos modelo Kanban.	71
Figura 41. Specifications	71
Figura 42. Atributos modelo Kanban.	71
Figura 43. Variables modelo Kanban	72
Figura 44. Subrutinas modelo Kanban.	72
Figura 45. Diagrama de flujo del proceso para el modelo Kanban	76
Figura 46. Esquema gráfico del Modelo Kanban	78
Figura 47. Resultados de la simulación del modelo Kanban	79
Figura 48. Gráfico del TH modelo Kanban	80
Figura 49. Gráfico del CT modelo Kanban	81
Figura 50. Gráfico WIP modelo Kanban.	81
Figura 51. Reporte general de las variables de simulación	82
Figura 52. Representación del sistema Conwip [13].	82
Figura 53. Locaciones modelo Conwip.	83
Figura 54. Entidades modelo Conwip	83
Figura 55. Arribos modelo Conwip.	84
Figura 56. Trayectorias modelo Conwip.	84
Figura 57. Interfaces modelo Conwip	84
Figura 58. Recursos modelo Conwip	85
Figura 59. Atributos modelo Conwip.	85
Figura 60. Variables modelo Conwip.	86
Figura 61. Subrutinas modelo Conwip.	86
Figura 62. Diagrama de flujo del proceso para el modelo Conwip.	89
Figura 63. Esquema gráfico del modelo Conwip.	91
Figura 64. Resultados de la simulación modelo Conwip	91

Figura 65. Gráfico del TH modelo Conwip.....	92
Figura 66. Gráfico del CT modelo Conwip.....	93
Figura 67. Gráfico WIP modelo Conwip.....	93
Figura 68. Reporte general de las variables de simulación del modelo Conwip.....	94
Figura 69. Representación del sistema DBR [29].....	94
Figura 70. Tasa de cuello de botella de las locaciones.....	95
Figura 71. Locaciones modelo DBR.....	96
Figura 72. Entidades modelo DBR.....	96
Figura 73. Arribos modelo DBR.....	97
Figura 74. Trayectorias modelo DBR.....	97
Figura 75. Interfaces modelo DBR.....	97
Figura 76. Recursos modelo DBR.....	98
Figura 77. Atributos modelo DBR.....	98
Figura 78. Variables modelo DBR.....	99
Figura 79. Subrutinas modelo DBR.....	99
Figura 80. Diagrama de flujo del proceso para el modelo DBR.....	102
Figura 81. Esquema gráfico del modelo DBR.....	104
Figura 82. Resultados de la simulación modelo DBR.....	104
Figura 83. Gráfico del TH modelo DBR.....	105
Figura 84. Gráfico del TH modelo DBR.....	106
Figura 85. Gráfico WIP modelo DBR.....	107
Figura 86. Reporte de las variables de simulación del modelo DBR.....	107
Figura 87. Comparación de los modelos en función del WIP.....	108
Figura 88. Comparación de los modelos en función del CT.....	109
Figura 89. Comparación de los modelos en función del TH.....	109

RESUMEN

Esta investigación tiene como propósito realizar un estudio comparativo entre las estrategias de control de la producción tipo Pull: Kanban, Conwip y DBR, las cuales se basan en el uso de tarjetas y la teoría de restricciones respectivamente, con el fin de clarificar las diferencias existentes entre los distintos mecanismos de funcionamiento empleados por cada uno de los sistemas comparados, y además el de seleccionar la estrategia que presente un mejor desempeño en base a los parámetros de producción obtenidos. Para cumplir con el objetivo propuesto en este proyecto, se construyeron modelos de simulación utilizando el software Promodel.

El estudio inicia con la identificación de las condiciones generales de los procesos del área de lavado y teñido, el cual se realiza mediante el levantamiento de procesos y estudio de tiempos, con el fin de establecer los parámetros de simulación necesarios para la elaboración de cada modelo, además se hace el uso de herramientas como los cursogramas de ensamble, analítico y diagramas de recorrido los cuales permiten establecer de una manera clara la ejecución del trabajo y el desplazamiento del producto a lo largo de la línea de fabricación.

Mediante el desarrollo de la investigación, y los modelos de simulación propuestos se concluye que, la estrategia que presenta un mejor resultado respecto a los parámetros de producción establecidos es Kanban, puesto que muestra un nivel de inventario en proceso promedio de 4 lotes, un tiempo de ciclo de 6,11 horas y una tasa de producción de 0,65 lotes/hora.

ABSTRACT

This research aims to make a comparative study of Pull production control strategies: Kanban, Conwip and DBR, which are based on the use of cards and the theory of constraints respectively, in order to clarify the existing differences Between the different operating mechanisms used by each of the systems compared, and also to select the strategy that presents a better performance based on the production parameters obtained. In order to fulfill the objective proposed in this project, simulation models were constructed using Promodel software.

The study begins with the identification of the general conditions of the processes of the washing and dyeing area, which is performed by means of the process survey and time study, in order to establish the simulation parameters necessary for the elaboration of each model, In addition to the use of tools such as assembly, analytical cursograms and travel diagrams which allow to establish in a clear way the execution of the work and the movement of the product along the manufacturing line.

Through the development of the research, and the proposed simulation models, it is concluded that the strategy that presents a better result with respect to the established production parameters is Kanban, since it shows an inventory level in average process of 4 lots, a cycle time of 6.11 hours and a production rate of 0.65 lots / hour.

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS

Términos

Control de la producción: Se define como un medio que establece una continua evaluación de ciertos factores: como la demanda, el consumo de materias primas, el tiempo de trabajado empleado por operario y la cantidad de producto producido.

Kanban: Es un sistema que controla el flujo de recursos en procesos de producción a través de tarjetas, las cuales son utilizadas para indicar abastecimiento de material o producción de piezas.

Conwip: Se basa en una señal de información, ya sea por tarjetas, electrónica o contenedores (al igual que el kanban). La tarjeta se fija al contenedor al principio de la línea y viaja con él hasta el final.

DBR: El sistema controla el flujo de materiales a través de la planta con el fin de producir productos de acuerdo con la demanda del mercado con un mínimo de tiempo de espera, de fabricación, inventario y gastos operativos.

Simulación: Se define como una representación ficticia de la realidad, con el fin de evaluar ciertos comportamientos sin llevarlos a cabo en la práctica.

Promodel: Es un simulador con animación para computadoras, que permite simular cualquier tipo de sistemas de manufactura, logística, manejo de materiales, etc.

Inventario en proceso: Es el inventario generado entre el inicio y final de la línea de producción.

Tiempo de ciclo: Es el tiempo transcurrido entre el primer y el último paso de un proceso

Tasa de producción: Es la tasa a la que el sistema genera productos terminados o vendibles.

ACRÓNIMOS

TO: Tiempo observado

TB: Tiempo Básico

TAM: Tiempo Manual

TM: Tiempo Máquina

TS: Tiempo estándar

WIP: Inventario en proceso

CT: Tiempo de ciclo

TH: Tasa de producción

Rb: Tasa de cuello de botella

CB: cuello de botella

INTRODUCCIÓN

El control de la producción comprende un proceso mediante el cual se establecen medios para el movimiento metódico de los materiales por todo el ciclo de fabricación, desde la adquisición de materias primas, hasta la entrega del producto terminado, mediante la transmisión sistemática de instrucciones a los trabajadores de un modo eficiente [1].

En el actual entorno empresarial en el cual se encuentran las empresas manufactureras, es importante contar con un sistema de control de la producción que permita reducir los costos a través de la eliminación de desperdicios y la reducción de inventarios, sin descuidar la calidad en cada uno de los productos fabricados y los tiempos de respuesta al cliente; en este sentido los sistemas de control de la producción tipo Pull, ayudan a las empresas a cumplir dichos objetivos [2].

Sin embargo, elegir cuál de las distintas estrategias se debe implementar en las líneas de producción, es una tarea complicada, puesto que la información existente acerca del funcionamiento de algunos sistemas es muy limitada.

Para dar solución a este problema, es necesario establecer modelos o escenarios mediante el uso de software de simulación los cuales permiten dilucidar los distintos comportamientos propios de cada sistema de control de la producción, tal como se demuestra en la investigación realizada, ya que se centra en el estudio de las estrategias Kanban, Conwip y DBR, las cuales son comparadas mediante parámetros de producción establecido, permitiendo así seleccionar la estrategia más adecuada al entorno de fabricación en estudio.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema

“ESTRATEGIA DE MANUFACTURA PARA EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN EL ÁREA DE LAVADO Y TEÑIDO DE LA FÁBRICA RAM JEANS”

1.2. Planteamiento del problema

Contextualización

En la actualidad, la necesidad de producir eficientemente sin causar trastornos ni retrasos en la entrega de un producto es un factor de suma importancia para las empresas que desean permanecer activas en el mercado, el cual exige respuestas rápidas y cumplimientos en calidad, cantidad y tiempos de entrega. Por lo tanto, la implementación de sistemas o estrategias de producción más eficientes ha llegado a ser un factor que es crucial para las plantas o empresas de manufactura que busquen eficiencia y eficacia en sus procesos [3].

A nivel mundial las empresas manufactureras han evolucionado en el contexto de la mejora continua de sus procesos y la optimización de los recursos involucrados en la producción; para lograr estos objetivos se ha visto la necesidad de incorporar estrategias y metodologías de producción, que aporten a un crecimiento sustentable y sostenible de las empresas y que además genere mayor rentabilidad y competitividad [4].

En el contexto latinoamericano, México ha tomado la delantera, con la implementación de metodologías como el “Just in Time” y estrategias de producción basados en los sistemas Pull como Kanban, Conwip, DBR, entre otras, las cuales han generado un gran

desarrollo productivo. En el mundo empresas como General Motors, IBM, Siemens, Toyota y otras ya empiezan a mostrar resultados concretos que les han permitido posicionarse aún más en el mercado global [5].

Por otra parte, en el Ecuador, existe aún un gran desconocimiento sobre las distintas metodologías y estrategias de producción existentes, este desconocimiento ha ocasionado que las empresas presenten varios problemas en el desarrollo de sus procesos productivos, haciendo que éstas no puedan crecer ni mantenerse en el mercado [2]. El principal problema para las empresas radica, en determinar un sistema de producción adecuado, que asegure un correcto funcionamiento de las líneas de producción [6], lo cual genera un incremento de la productividad y un crecimiento económico considerable.

En el caso de la fábrica Ram Jeans se han detectado un inadecuado control de la producción existente en el proceso de lavado y teñido de prendas de vestir en jean, una de las causas que ocasiona este problema es el desconocimiento por parte de la gerencia, acerca de estrategias de manufactura, que permitan llevar a cabo un correcto desenvolvimiento de las líneas de fabricación; lo que genera un deficiente desarrollo de los procesos productivos, además de incertidumbres y retrasos en las ordenes de producción, reprocesos, desperdicios de materia prima y de las máquinas; otra de las causas es la falta de mano de obra calificada, lo que ocasiona un deficiente desempeño de los puestos de trabajo. Todo esto genera una baja producción, decremento de la productividad, pérdidas económicas e insatisfacción de los clientes.

1.3. Delimitación del problema

1.3.1. De contenido

Campo: Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización.

Área académica: Industrial y Manufactura.

Línea de investigación: Industrial.

Sublínea de investigación: Sistema de administración de la productividad y competitividad empresarial.

1.3.2. Espacial

El proyecto de investigación se realiza en la Fábrica RAM JEANS ubicada en la ciudad de Pelileo, Dirección Av. Juan de Velasco y calle Puerta del Dorado, provincia de Tungurahua.

1.3.3. Temporal

El proyecto de investigación se desarrolla en el periodo académico Octubre 2016 – Marzo 2017, a partir de la aprobación del Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.4. Justificación

El proyecto de investigación es de gran importancia para las industrias de fabricación y de lavado y teñido de ropa jean, ya que a través de la misma se quiere determinar una estrategia de manufactura adecuada que se ajuste a las necesidades y el entorno de las mismas, además de aprovechar al máximo los recursos involucrados en la producción, de manera que genere un crecimiento sustancial de este tipo de industrias.

La propuesta de una estrategia de manufactura para el control de la producción, tiene como finalidad establecer mecanismos que permitan planear la ejecución del trabajo, coordinar e interrelacionar las actividades que se desarrollan dentro del proceso productivo, verificar el cumplimiento de cada una de las actividades programadas, así como también el desarrollo y flujo de los inventarios, reducir costos de producción, facilitar la visualización del flujo del material por cada uno de los procesos, disminuir los desperdicios y reprocesos, aumentar la eficiencia tanto del personal como de las máquinas; de tal forma que se obtenga un producto de calidad en la cantidad y tiempo requerido por los clientes.

Los beneficiarios directos con la realización de la investigación son propiamente la gerencia y empleados de la fábrica Ram Jeans, quienes con la implementación de la estrategia, obtendrán resultados concretos en la disminución de los costos de producción, reducción de los tiempos de fabricación, optimización de los recursos utilizados, disminución de desperdicios y reprocesos, entre otros, que se verá reflejada

en una ventaja competitiva y que permite a la fábrica posicionarse aún más en el mercado.

Además el proyecto es factible de realizarlo pues se cuenta con los conocimientos necesarios que permiten vincular la teoría con la práctica además de contar con el apoyo de cada uno de las personas que conforman la fábrica Ram Jeans para su ejecución, basado también en la investigación bibliográfica la cual sustenta la presente investigación.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Seleccionar una estrategia de manufactura para el control de la producción en el área de lavado y teñido de la fábrica Ram Jeans.

1.5.2. Objetivos específicos

- Desarrollar un levantamiento de procesos.
- Analizar las estrategias de manufactura Pull más utilizadas en la industria.
- Realizar una comparación de las estrategias de manufactura planteadas a través de un software de simulación.
- Seleccionar la estrategia de control de producción más adecuada para la fábrica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos

Realizado el proceso investigativo acerca del tema propuesto se han encontrado tesis y artículos con características similares a los de este trabajo de investigación los cuales se detallan a continuación:

La ventaja más significativa de la estrategia de producción basado en el sistema Kanban, es conocer todos los pedidos en firme puestos por ventas, es decir la totalidad de tiempo máquina y de producto necesario para atender los diferentes requerimientos de los clientes, esto obliga a tener un control de inventario permanente, pues en todo momento se conocen los saldos de materiales, de producto terminado con el uso del control visual en el tablero [4].

Mediante la aplicación de la estrategia de manufactura Kanban en el área de calandria en Zeta de la empresa Continental Tire Andina S.A. se obtuvo resultados satisfactorios en lo que tiene que ver al ajuste del Kanban a cambios variantes de la demanda, y a la reducción en los tiempos de producción, además de una reducción en los niveles de inventario [6].

La aplicación del Conwip en producción real y ambientes complejos de manufactura, presenta mejores resultados además que resulta más práctica y fácil de usar por el personal que los convencionales sistemas ERP [7].

La correcta selección de la herramienta o estrategia de planificación y control de la producción puede ser de gran utilidad para las organizaciones ya que contribuye

significativamente al incremento de los KPI's (indicadores claves de desempeño), además de elevar el servicio que las mismas brindan al cliente [8].

Los sistemas Kanban son ahora ampliamente adoptados para la alimentación de líneas de montaje debido a su capacidad de controlar los flujos de material a través de la gestión visual simple y efectiva [9].

El caso de estudio presentado en el presente proyecto, demuestra que existe una ventaja importante del Conwip y DBR sobre MRP y el Kanban por el menor número de parámetros de producción que tienen que ajustarse. Por lo tanto, se evitan problemas para encontrar suficientes combinaciones de parámetros, que exacerbaban el tema planificación y control de la producción [10].

Un sistema Conwip supera un sistema DBR bajo la misma calidad de servicio y tiempos de procesamiento constantes. Sin embargo, bajo cierta condición un sistema DBR supera un sistema Conwip. Por lo tanto, Conwip y DBR superan a los sistemas Kanban en términos de tiempo de espera y WIP (trabajo en curso), y un Conwip supera un DBR en general [11].

Un enfoque experimental, mediante simulación de eventos discretos, en un taller con cinco centros de trabajo, seleccionado al azar, permite evaluar el comportamiento de cuatro estrategias de producción: Incontrolado, Kanban, Conwip y POLCA, cuyos resultados determinan la mejor estrategia a implementarse [12].

Se obtiene un nivel de inventario óptimo, dando importancia a los factores que impiden el éxito del sistema, aumentando así la competitividad y logrando una disminución significativa en la inversión en materiales de materia prima almacenados [13].

Mediante un estudio comparativo entre algunos de los sistemas de control de la producción basados en tarjetas "Kanban", con el fin de clarificar las diferencias entre los distintos mecanismos de funcionamiento empleados por cada uno de los sistemas comparados, se construyeron modelos simulados utilizando el software de simulación Promodel, concluyendo, que al usar los sistemas de control antes mencionados se obtienen resultados satisfactorios con relación a los distintos parámetros de producción

estudiados (tiempo de ciclo, Throughput y WIP) y además destacando la importancia de simular distintos escenarios para la toma de decisiones futuras [14].

Los resultados obtenidos en el presente proyecto pone en evidencia la importancia de establecer uno u otro sistema de control de la producción, en la investigación se comparan los sistemas Kanban y Conwip en base a los parámetros de producción especificados en la ley de Little, el cual concluye una superioridad del Conwip con respecto al Kanban en el caso de estudio presentado [15].

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Sistemas de producción push y pull

Se entiende por sistema de producción como la interrelación de elementos y recursos, organizados y regulados, que tienen como finalidad la fabricación de un producto o la prestación de un servicio que compense las necesidades del cliente, logrando en la fábrica una mayor productividad, es decir, una mayor relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. La realidad industrial es compleja y presenta una amplia variedad de situaciones, lo que ha llevado a clasificar los tipos de fabricación utilizando distintos criterios.

Una de las clasificaciones más conocidas es según el flujo de producción son:

- Sistemas de producción PULL.
- Sistemas de producción PUSH.

Se considera Pull a un sistema donde la demanda del producto final inicia el flujo de materiales a través de todo el sistema de producción. Se destaca el uso de “en tiempo real” para controlar el trabajo en los proceso y los inventarios. Los sistemas Pull proporcionan visibilidad de las operaciones, haciendo hincapié en bajos inventarios y tamaños de lotes pequeños. En la Figura 1 se observa el esquema de un sistema de producción Pull [8].

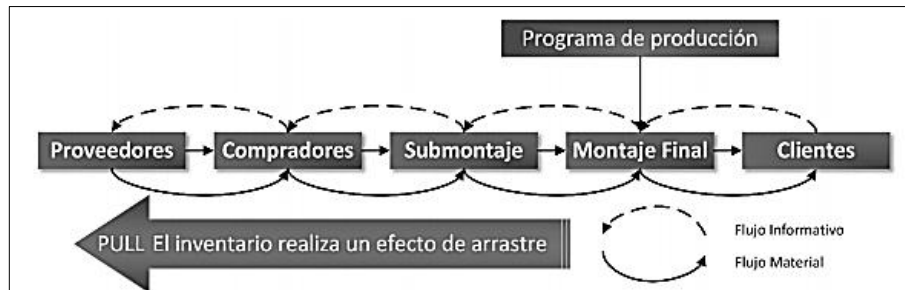


Figura 1. Esquema de producción tipo Pull [8].

El sistema Push actúa lanzando órdenes de producción o de compra cuando las necesidades reales aún no se han producido; podría dar lugar a situaciones de sobredimensionamiento del stock, obsolescencia de artículos y otros problemas causados como consecuencia de la actuación de las demoras de fabricación y las políticas de abastecimiento. En la Figura 2 se observa la estructura de un sistema Push [16].

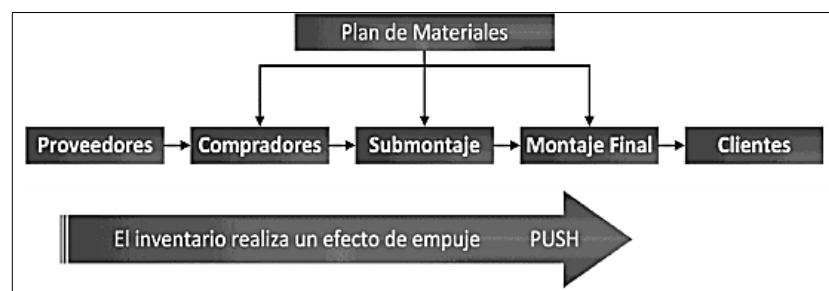


Figura 2. Esquema de producción tipo Push [16].

2.2.2. Estrategias de control de la producción basadas en sistemas pull

Se definen a un sistema Pull como un sistema en el que se inicia la producción como una reacción a la presente demanda, es decir el producto final desencadena un jalonamiento de materiales a través de todo el sistema de producción. Se hace hincapié en el uso de información en tiempo real para controlar el trabajo en proceso y los inventarios. Los sistemas Pull proporcionan visibilidad de las operaciones, haciendo hincapié en bajos inventarios y tamaños de lotes pequeños.

Además el objetivo de los sistemas Pull es dejar que la demanda oriente la producción, es decir, empezar a fabricar el producto después de que la demanda ha llegado al sistema, en lugar de tener la previsión de impulsar los productos a los almacenes [14].

Para lograr cumplir con dicho objetivo, este tipo de sistema se apoya en estrategias que permitan mantener el control de los inventarios en procesos y de las operaciones que se realizan en la etapa de manufactura de los productos, a continuación se describen algunos tipos de estrategias de manufactura para la programación y control de la producción mayormente utilizadas en la industria.

2.2.3. Sistema Kanban

Kanban es bien conocido como un sistema de control de la producción tipo Pull que ha sido utilizado en diversos entornos de fabricación. Kanban en Japonés significa tarjeta, son originalmente creados para sistemas de producción manuales y por lo tanto, requieren de disciplina [17].

Con los años, este tipo de sistema de producción no ha cambiado mucho. Sin embargo, “Kanban” ha cambiado su significado literal, de tarjeta a señal. En el entorno actual, un “Kanban” puede ser un mensaje electrónico, una señal luminosa, una tarjeta de autorización o incluso una pelota de golf.

El concepto de Kanban está firmemente relacionado con Lean Manufacturing y la filosofía Just-in-Time (JIT). La filosofía JIT es un pilar esencial de este tipo de estrategia de producción y se esfuerza por mejorar el retorno de la inversión de una empresa por reducción de WIP (Inventario en proceso) y costos de transporte. Esto significa que la fabricación sólo tiene lugar cuando sea necesario [9].

Kanban es un sistema de programación y control de producción basado en la extracción, utiliza tarjetas de autorización físicas llamadas Kanbans, que ayudan a crear una demanda al sistema de señalización de agotamiento de los componentes o productos entre dos estaciones de trabajo en la cadena de producción. En cuanto tal señal es recibida por una estación de trabajo, inicia un proceso para reponer las mercancías en la estación de trabajo posterior activa. Mediante el uso de una cantidad fija de tarjetas, el trabajo en curso en cada etapa de fabricación es fuertemente controlado y limitado a la cantidad total de tarjetas utilizadas entre dos estaciones de trabajo.

Debido al uso de las tarjetas físicas, el concepto se pone en ejecución típicamente como un sistema manual. Sin embargo, la transición a sistemas electrónicos de Kanban es más

común. Las implementaciones electrónicas tienen varias ventajas en comparación con los sistemas de tipo manual. Por ejemplo, que eliminan problemas como tarjetas pérdidas o errores de entrada manual. En la Figura 3 se observa un sistema Kanban típico [7].

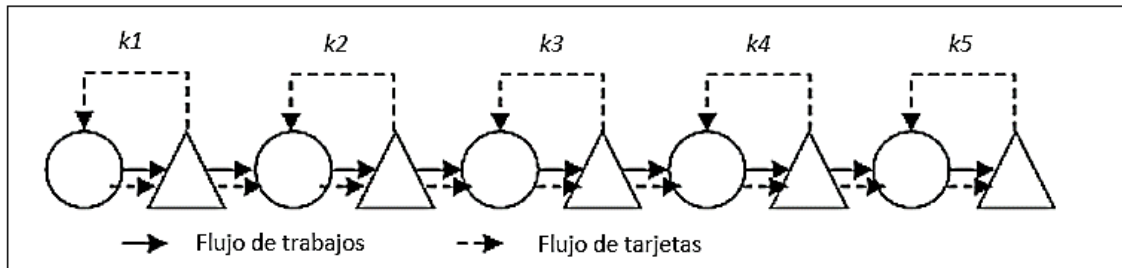


Figura 3. Sistema Kanban [7].

2.2.4. Sistema Conwip

La noción básica de "Constante Trabajo en Proceso" (Conwip) es, asegurar un nivel constante de trabajo en curso a lo largo de la cadena de producción. En los sistemas de producción tipo Conwip, la demanda real del cliente desencadena la liberación de nuevos elementos de trabajo a la línea de producción [18].

Conwip es bastante desconocido en Europa, como una forma mejorada y generalizada de Kanban, sin embargo, no es un sistema de tracción pura, pero incorpora aspectos de los sistemas Push y Pull. Extiende las ventajas de producción en función de la demanda de Kanban con el enfoque de empuje de MRP. Aunque Kanban utiliza sistemas de tarjeta individual entre cada par de estaciones de trabajo, para el proceso de producción Conwip se utiliza sólo un único conjunto global de tarjetas [1].

Conwip en general es un sistema donde la demanda desencadena la liberación de nuevas órdenes de trabajo, a cada una de estas órdenes se le asigna una tarjeta de autorización global que permanece asociada a esta orden de trabajo específico hasta que se completa la producción como se observa en la Figura 4. Una vez liberado, el elemento de trabajo se empuja a través del sistema de fabricación hasta que el producto final sale de producción. En ese momento, se libera la tarjeta asociada a este elemento de trabajo, que permite una nueva entrada en el sistema de producción.

Usando esta estrategia, el trabajo en curso no es sólo controlado por cada paso de la producción, sino todo el sistema de producción en general. Así el trabajo en curso permanece constante (de ahí el nombre de Conwip) como también se mantiene la cantidad total de tarjetas en el sistema de fabricación [19].

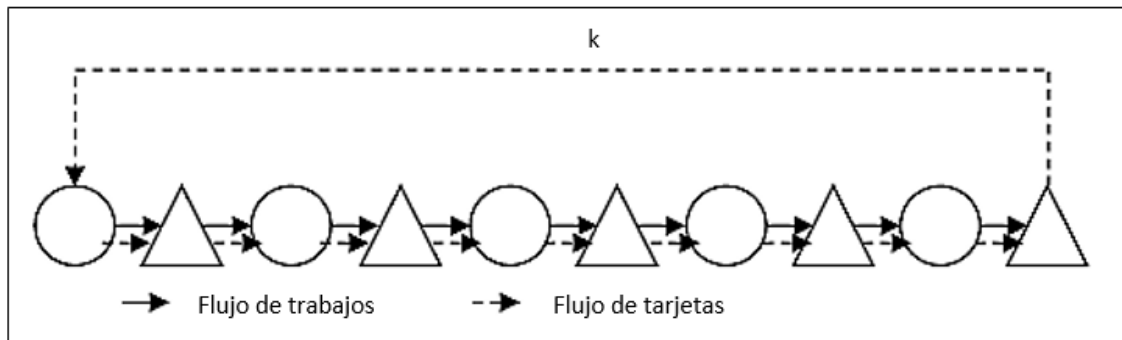


Figura 4. Sistemas Conwip [7].

Si se produce un cuello de botella, Conwip permite ajustar el número total de tarjetas en el sistema de producción para garantizar un rendimiento superior. La aplicación de Conwip en sistemas de producción trae varias ventajas, que pueden ser especialmente importantes para las pequeñas y medianas empresas, como por ejemplo los tiempos de flujo del sistema son fácilmente predecibles debido a los constantes niveles del WIP.

Por lo tanto, la confiabilidad de entrega también es mayor. Conwip permite ejecutar una orden de producción incluso cuando se utilizan muchos materiales y variantes. Además, también soporta prioridad de los trabajos. Para las pequeñas empresas a veces podría ser necesario utilizar prioridades para órdenes de trabajo basadas en la importancia del cliente, por ejemplo.

En comparación con Kanban, los sistemas de producción basados en Conwip son fáciles de manejar porque hay solamente un sistema de tarjetas que ha de ajustarse. Sin embargo, es difícil comparar el rendimiento real de Conwip con la de otros sistemas como el Kanban, DBR o MRP. Se encontró que diferentes estudios llegaron a conclusiones diferentes en cuanto a rendimiento de estos sistemas. Por lo tanto, no es factible dar una recomendación general sobre qué sistema de fabricación se debería utilizar. En cambio, debe hacerse una evaluación individual, basada en el área operacional [7].

2.2.5. Sistema DBR (Tambor-amortiguador-cuerda)

El sistema de producción DBR es una metodología de fabricación que se deriva de la teoría de las restricciones. Es clasificado como un sistema de extracción y en el supuesto de que hay un número limitado de recursos que definen básicamente el total de la planta de fabricación, se compone de tres elementos clave: el tambor, el amortiguador y la cuerda [17].

El tambor es la restricción física de la fábrica y representa el elemento que limita la capacidad del sistema entero para producir más; el resto de la planta de fabricación sigue el ritmo del tambor. El amortiguador protege al tambor asegurándose de que siempre el trabajo fluya asía él; los amortiguadores en los sistemas DBR se miden en función del tiempo, en lugar de la cantidad de material que pasa por los mismos, esto hace que el sistema opere estrictamente basado en el tiempo que se espera que una orden llegue al tambor. La cuerda actúa como el mecanismo de liberación para la planta de fabricación., depende de los progresos del tambor y lanza órdenes una vez que el tambor ha terminado una cierta cantidad de trabajo [7].

Por otra parte el tambor puede ser considerado como el programa de trabajo de la restricción de la organización. Con el propósito de que la organización aproveche por completo su conocimiento, debe darse por sentado que todas las funciones no restrictivas comprenden este programa de “ritmo de tambor” y le brindan su apoyo total.

Así también el amortiguador evita que una restricción esté “hambrienta” por falta de inventario, muchas veces se establece antes de ella un amortiguador de “tiempo”. El amortiguador es el nivel de inventario objetivo, calculado en función de la demanda histórica reciente, lo que permite que no exista desabastecimiento. El tamaño del amortiguador depende del nivel de servicio requerido [20].

La cuerda es, en efecto, un dispositivo de comunicación que se extiende entre el recurso de capacidad restringida y la liberación inicial de material en el proceso productivo. La cuerda constituye un mecanismo que regula la liberación de material. Normalmente se planifica la liberación del material al ritmo del recurso de capacidad restringida para evitar mantener un excesivo producto en proceso.

Mientras más elevada sea la cantidad de producto en el proceso de producción, más largo es el tiempo de espera y es mayor la confusión del personal de producción, quien desconoce u olvida cuáles son las prioridades [20]. En la Figura 5 se observa un sistema de producción DBR.

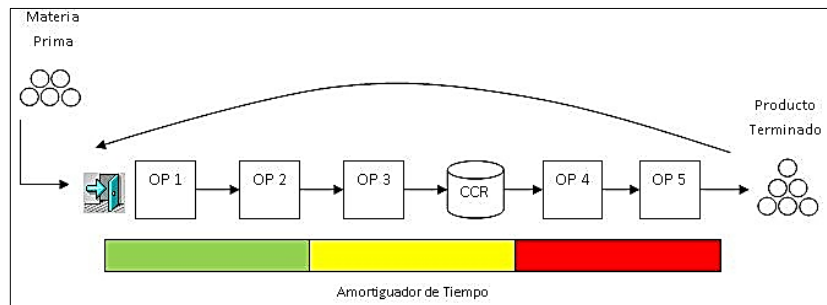


Figura 5. Sistema de producción DBR [20].

2.2.6. Parámetros de producción

En la industria mediante un sin número de investigaciones realizadas en se debe tener en cuenta parámetros de producción como los siguientes:

Throughput (TH)

Se define como el rendimiento del sistema o tasa de rendimiento. En el nivel de empresa, rendimiento se define como la producción que se vende por unidad de tiempo. Sin embargo, los gerentes de líneas de producción generalmente controlan lo que se hace en el lugar de lo que se vende. Por lo tanto, para una planta, línea o estación de trabajo, definimos el rendimiento como la cantidad media de piezas buenas producida por unidad de tiempo. En una planta más compleja, donde las estaciones de trabajo posean varias rutas (por ejemplo, un taller de trabajo), el rendimiento de una estación individual será la suma de los rendimientos de los encaminamientos que pasan a través de él. También al Throughput se lo define como la tasa a la cual la empresa produce unidades vendibles por unidad de tiempo.

Trabajo en Proceso (WIP)

El inventario entre los puntos inicial y final de la ruta de un producto se llama trabajo en proceso (WIP) o la cantidad de materias primas y de productos en proceso que se encuentra en el sistema de producción (Inventario en proceso en el sistema).

Tiempo de Ciclo (CT)

El tiempo de ciclo (también llamado tiempo de flujo, tiempo de producción y tiempo de estadía) de una ruta dada es el tiempo promedio desde el lanzamiento de un trabajo al principio de la ruta hasta llegar a un punto de inventario al final de la ruta. Es común referirse a la duración de ciclo de un producto que se compone de muchos subconjuntos complejos. También se lo define como el tiempo que transcurre desde que un producto ingresa al sistema hasta que sale (Tiempo de ciclo)

Cuello de Botella (CB)

Operación más lenta del proceso o la que produce el menor Throughput en determinado tiempo. Es la operación que marca el ritmo de la producción.

Tasa de cuello de botella (rb)

La tasa de cuello de botella de la línea, r_b , es la tasa (piezas por unidad tiempo o trabajos por unidad de tiempo) de la estación de trabajo con la utilización a largo plazo más alta.

También se define como la tasa de producción de la operación cuello de botella. Se mide en productos por unidad de tiempo.

Inventario

Todo el dinero que la empresa invierte en materiales, instalaciones, tecnología, etc., que posteriormente se puede vender.

Tiempo de proceso global (To)

El tiempo de proceso global de la línea, es la suma de los tiempos de proceso promedio a largo plazo de cada estación de trabajo en la línea. Alternativamente, podemos definir el tiempo de proceso de crudo como el tiempo promedio que tarda un trabajo para

atravesar la línea vacía de producción (es decir, para no tener que esperar detrás de otros trabajos).

Ley de Little

La ley de Little establece que hay una relación estrecha entre el Throughput (TH), el tiempo de ciclo (CT) y el trabajo en proceso (WIP), definida por la fórmula que se presenta a continuación, en la cual se observa cuanto más largo sea el tiempo de ciclo, menor será el Throughput con nivel de inventario constante [21].

$$TH = \frac{WIP}{CT} \quad (1)$$

2.2.7. Simulación de sistemas de producción

La simulación es una representación ficticia de una situación real, que se experimenta mediante modelos que son abstractos, el conocimiento adquirido de la simulación se aplica al proceso real. Cuanto mayor sea el grado de aproximación de la simulación a la realidad, mayor será su utilidad.

La primera acción y requisito previo a cualquier simulación, es un buen conocimiento del sistema real. La persona que enfrenta un problema que requiere simulación para analizarlo, necesita entender muy bien las condiciones reales, sus elementos, relaciones y metas, e imaginarlas como un sistema. Además la simulación ayuda a la realización de ensayos de procesos productivos y logísticos con un menor costo y con la capacidad de realizar un sin número de cambios para obtener cada vez mejores resultados, los que se pondrán en marcha al efectuar lo simulado en el proceso real.

Otra ventaja de la simulación es la de realizar la planeación, programación y control de la producción de las empresas que se tornan tareas complicadas si se utiliza modelos complejos de la investigación de operaciones o costosos si se emplean sistemas computacionales.

Para realizar una simulación hay que identificar primero el producto o servicio que se va a simular. Un proceso de simulación se puede entender como un proyecto compuesto

por tareas y recursos requeridos. Los pasos para llevar a cabo una correcta simulación son:

- Elaborar un plan de estudio
- Definir el sistema
- Construir el modelo
- Ejecutar experimentos
- Analizar los resultados
- Reportar los resultados

El éxito en la simulación dependerá de la planeación y de comprender los requerimientos necesarios. Un modelo de simulación requiere un minucioso análisis de los resultados obtenidos, buena comunicación y poseer habilidades de ingeniería para visualizar las interrogantes del sistema [22].

2.2.8. Medición de trabajo

La medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida. Las principales técnicas que se emplean en la medición del trabajo son:

- Muestreo del Trabajo
- Estimación Estructurada
- Estudio de Tiempos
- Normas de Tiempo Predeterminada

2.2.9. Estudio de tiempos

Dentro de las técnicas que se emplean en la medición del trabajo la más importante es el estudio de tiempos, o por lo menos es la que más permite confrontar la realidad de los sistemas productivos sujetos a medición.

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida,

efectuado en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida. Una de las formas de realizar el estudio de tiempos es el método de cronometraje, que se basa en la observación y medición directa de los tiempos de las diversas operaciones y movimientos que integran un trabajo [23].

Cálculo del número de observaciones

El tamaño de la muestra o cálculo de número de observaciones es un proceso vital en la etapa de cronometraje, dado que de este depende en gran medida el nivel de confianza del estudio de tiempos. Este proceso tiene como objetivo determinar el valor del promedio representativo para cada elemento. Algunos autores y ciertas empresas como General Electric han adoptado Tabla 1, pues es una guía convencional para determinar el número de ciclos que cronometrarán, y la guía se basa en el número total de minutos por ciclo.

Tabla 1: Número de observaciones por ciclo de trabajo [24].

Tiempo de ciclo en min	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Existen otros métodos que permiten determinar el número de observaciones, para el caso particular de la investigación se utiliza un método estadístico o un método tradicional.

Con el método estadístico, hay que efectuar cierto número de observaciones preliminares (n') y luego aplicar la fórmula siguiente para un nivel de confianza de 95,45% y un margen de error de $\pm 5\%$.

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

Dónde:

n= Tamaño de la muestra (número de observaciones).

n'= Número de observaciones del estudio preliminar

Σ= Sumatoria de los valores.

x= Valor de las observaciones.

40= Constante para un nivel de confianza de 95.45%.

Valoración del ritmo de trabajo

La valoración del ritmo de trabajo es la justipreciación por correlación con el concepto que se tiene de lo que es el ritmo estándar. Se utilizará el método de nivelación propuesta en el sistema Westinghouse, este método de valoración considera cuatro factores: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia, los valores se toma de la Tabla 2.

Habilidad: Se define como el aprovechamiento al seguir un método dado, el observador debe de evaluar y calificar dentro de seis clases la habilidad desplegada por el operario: habilísimo, excelente, bueno, medio, regular y malo. Luego, esta clasificación de la habilidad se traduce a su equivalencia porcentual.

Esfuerzo: Se define como una demostración de la voluntad para trabajar con eficiencia. El esfuerzo es representativo de la velocidad con que se aplica la habilidad y es normalmente controlada en un alto grado por el operario.

Condiciones: Son aquellas circunstancias que afectan solo al operador y no a la operación. Los elementos que pueden afectar las condiciones de trabajo incluyen: temperatura, ventilación, monotonía, alumbrado, ruido, etc.

Consistencia: Es el grado de variación en los tiempos transcurridos, mínimos y máximos, en relación con la media, juzgado con arreglo a la naturaleza de las operaciones y a la habilidad y esfuerzo del operador.

Tabla 2: Valoración del ritmo de trabajo [25].

HABILIDAD		ESFUERZO	
+0.15	A1	+0.13	A1
+0.13	A2 - Habilísimo	+0.12	A2 - Excesivo
+0.11	B1	+0.10	B1
+0.08	B2 - Excelente	+0.08	B2 - Excelente
+0.06	C1	+0.05	C1
+0.03	C2 - Bueno	+0.02	C2 - Bueno
0.00	D - Promedio	0.00	D - Promedio
-0.05	E1	-0.04	E1
-0.10	E2 - Regular	-0.08	E2 - Regular
-0.15	F1	-0.12	F1
-0.22	F2 - Deficiente	-0.17	F2 - Deficiente
CONDICIONES		CONSISTENCIA	
+0.06	A - Ideales	+0.04	A - Perfecto
+0.04	B - Excelentes	+0.03	B - Excelente
+0.02	C - Buenas	+0.01	C - Buena
0.00	D - Promedio	0.00	D - Promedio
-0.03	E - Regulares	-0.02	E - Regular
-0.07	F - Malas	-0.04	F - Deficiente

Tal como se mencionó en la definición de la valoración del ritmo de trabajo, el desempeño estándar de un trabajador calificado se asume como el 100/100 de rendimiento, por ello a esta valoración se deben de adicionar los valores de la tabla según la habilidad, esfuerzo, las condiciones y la consistencia percibidas por el especialista. De esta manera se determinará si un operario ejecutó la operación a un 125%, 120%, 95%, 88% etc. y se procederá a suavizar por correlación con un rendimiento del 100% [23].

Suplementos del estudio de tiempos

Al igual que en la etapa de valoración del ritmo de trabajo, la fase correspondiente a la determinación de suplementos es sumamente sensible en el estudio de tiempos, pues en esta etapa se requiere del más alto grado de objetividad por parte del especialista. Cuando se haya ideado el método más práctico, económico y eficaz de trabajo, y cuando se haya efectuado el más preciso proceso de cronometraje y valoración de la cadencia, no se puede olvidar que la tarea seguirá exigiendo un esfuerzo humano, por lo que hay que prever ciertos suplementos para compensar la fatiga y descanso, además para que el trabajador pueda ocuparse de sus necesidades personales.

Tabla 3: Sistema de suplementos por descanso [26].

SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO				
SUPLEMENTOS CONSTANTES	HOMBRE	MUJER	SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRE MUJER
Necesidades personales	5	7	e) Condiciones atmosféricas	
Básico por fatiga	4	4	Índice de enfriamiento, termómetro de	
			Kata (milicalorías/cm ² /segundo)	
SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRE	MUJER		
a) Trabajo de Pie			16	0
Trabajo de pie	2	4	14	0
			12	0
			10	3
b) Postura anormal			8	10
Ligeramente incómoda	0	1	6	21
Incómoda (inclinado)	2	3	5	31
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	4	45
			3	64
			2	100
c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)			f) Tensión visual	
Peso levantado por kilogramo			Trabajos de cierta precisión	0 0
2.5	0	1	Trabajos de precisión o fatigosos	2 2
5	1	2	Trabajos de gran precisión	5 5
7.5	2	3	g) Ruido	
10	3	4	Continuo	0 0
12.5	4	6	Intermitente y fuerte	2 2
15	5	8	Intermitente y muy fuerte	5 5
17.5	7	10	Estridente y muy fuerte	7 7
20	9	13	h) Tensión mental	
22.5	11	16	Proceso algo complejo	1 1
25	13	20 (máx.)	Proceso complejo o atención dividida	4 4
30	17	-	Proceso muy complejo	8 8
33.5	22	-	i) Monotonía mental	
			Trabajo algo monótono	0 0
d) Iluminación			Trabajo bastante monótono	1 1
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Trabajo muy monótono	4 4
Bastante por debajo	2	2	j) Monotonía física	
Absolutamente insuficiente	5	5	Trabajo algo aburrido	0 0
			Trabajo aburrido	2 1
			Trabajo muy aburrido	5 2

Cálculo del tiempo estándar

Para el cálculo del tiempo estándar se sigue el siguiente procedimiento:

- 1.- Determinación del número de ciclos a ser estudiados por elemento: Se realiza aplicando la ecuación (1).
- 2.- Cálculo del tiempo promedio por elemento o tiempo observado (TO).

$$TO = \frac{\sum x_i}{L_c} \quad (3)$$

Donde:

TO = Tiempo promedio observado.

Xi = Tiempo observado.

Lc = Número de ciclos.

3.- Cálculo del tiempo básico en función de la valoración del ritmo

$$TB = \frac{TO * (Valoracion)}{Valoracion estandar} \quad (4)$$

Donde:

Valoración = valoración del ritmo de trabajo establecida, utilizando la Tabla 2.

Valoración estándar = valoración establecida como 100%.

4.- Adición de suplementos: Se toma en función de cada trabajador suplementos variables y constantes y considerando si es hombre o mujer de acuerdo a la Tabla 3.

5.- Cálculo del tiempo estándar: Se encuentra mediante la suma del tiempo normal más algunas holguras para las necesidades personales, las demoras inevitables en el trabajo y la fatiga del trabajador.

$$Ts = TB * (1 + Suplementos) \quad (5)$$

2.3. Propuesta de solución.

Con la investigación, se propone seleccionar una estrategia de manufactura para el control de la producción a través de un modelo de simulación, que permita establecer indicadores como: tiempo de ciclo (CT), inventario en proceso (WIP) y capacidad de producción del sistema (TH), de tal forma que se logre un mejor desempeño en cada uno de los procesos productivos en el área de lavado y teñido de la fábrica.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Modalidad de investigación

La modalidad de investigación del proyecto es aplicada, debido a que se toma información, conocimientos previos y se los aplica para resolver una problemática específica.

En la elaboración del presente proyecto de investigación se utilizará las siguientes modalidades de investigación:

3.1.1. Investigación de campo

De acuerdo a los objetivos planteados, la investigación es de campo, ya que los datos recolectados son obtenidos de la realidad de la fábrica.

Por tal razón, el estudio de la estrategia de manufactura se la realiza en la planta de producción de la fábrica Ram Jeans, donde se dan los hechos en su ambiente natural, se analiza e interpreta los resultados obtenidos. Sin que se haga manipulación alguna.

3.1.2. Investigación bibliografía documental

Además la investigación es de carácter bibliográfico ya que se busca información en libros, revistas, publicaciones, tesis doctorales y en la web, que ayudan al cumplimiento de los objetivos planteados.

3.1.3. Investigación experimental

Es experimental ya que los datos se obtienen a través de cálculo de tiempos, estudio de capacidad de producción y análisis de las restricciones del sistema, datos que se

introducen en el simulador ProModel® versión estudiantil para poder seleccionar la estrategia de manufactura más adecuada para la fábrica en cuestión.

3.2. Población y muestra

La población de estudio para esta investigación son los obreros que laboran en la fábrica Ram Jeans y personal administrativo, el detalle de los mismos están descritos en la Tabla 4.

Tabla 4: Población de estudio

Área	Número de obreros
Diseño y corte	4
Confección	15
Lavado y teñido	7
Terminado	6
Total	32

Los obreros de la empresa, aportan información sobre el proceso productivo y es con los cuales se realiza el estudio de tiempos para determinar los parámetros de producción y desarrollar la programación de los modelos de simulación.

Como la población es inferior a 100 individuos, los 32 trabajadores pasan a formar parte de la muestra.

3.3. Recolección de información

Para el trabajo de investigación se efectúa la recolección de información mediante fichas de observación para el levantamiento de los procesos que se desarrollan en la fábrica, además del uso de cronómetro para la toma de tiempos.

3.4. Procesamiento y análisis de datos

Recopilada toda la información necesaria mediante las fichas de observación del proceso de lavado y teñido de ropa jean; los datos son organizados, procesados,

analizados e interpretados con el propósito identificar, evaluar y considerar todos los parámetros existentes para el desarrollo de la investigación.

Procedimiento para el estudio de tiempos

Para la realización del estudio de tiempos se realiza lo siguiente:

- **Cálculo del número de Observaciones:** Para determinar el número de observaciones necesarias para el estudio de tiempos, se hace uso de tablas y además del método estadístico mencionado en la fundamentación teórica.
- **Cálculo del tiempo base:** Se halla el tiempo observado, a través de la técnica del cronometraje, luego se calcula el promedio entre el número de observaciones de cada ciclo para esto se utiliza la ecuación (3). Para obtener el tiempo básico se multiplica el promedio del tiempo observado por la valoración del ritmo de trabajo utilizando la ecuación (4), finalmente se suman los tiempos básicos para obtener el tiempo base total.
- **Determinación del Tiempo manual:** Se toma el tiempo en el que solo interviene la mano de obra de los operarios.
- **Determinación del tiempo de máquina:** Se toma el tiempo en el que solo intervienen maquinaria y equipos.
- **Valoración del ritmo de trabajo:** La valoración se la realiza mediante la observación al operario y el ambiente de trabajo de la actividad en estudio, en la cual se evalúan los siguientes aspectos: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia; los valores se los obtienen de la Tabla 2.
- **Suplementos:** Es un porcentaje que se incrementa al tiempo básico en función de las necesidades del trabajador o actividades en condiciones especiales que ameriten esfuerzos adicionales, los suplementos se consideran en el estudio de acuerdo a la Tabla 3 del fundamento teórico.

- **Tiempo estándar de la actividad:** Es una subdivisión del tiempo estándar total que corresponde solamente a la realización de la actividad mencionada del proceso sin considerar el transporte dentro de la misma.
- **Tiempo estándar de transporte:** Es una subdivisión del tiempo estándar total que corresponde solamente al transporte de material al puesto de trabajo.
- **Tiempo estándar total:** Se calcula multiplicando el tiempo básico por el porcentaje de los suplementos más uno, como se expresa en la ecuación (5).

3.5. Desarrollo del proyecto

- Identificación del área de trabajo en la cual se va a enfocar la investigación.
- Descripción de las actividades del proceso productivo.
- Elaboración del cursograma analítico.
- Elaboración del diagrama de recorrido del proceso en cuestión.
- Diagramación del flujo del material del proceso de lavado y teñido.
- Elaboración de un estudio de tiempos de las estaciones de trabajo.
- Determinación del tiempo estándar para cada proceso.
- Análisis de las estrategias de manufactura Pull más utilizadas en la industria.
- Comparación de las estrategias de manufactura planteadas a través de un software de simulación.
- Seleccionar la estrategia de control de la producción más adecuada.
- Elaboración del informe final.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1. Introducción a la empresa

Ram Jeans es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de prendas de vestir en tela jean, aplicando tecnología adecuada que permite entregar productos de óptima calidad y cantidad a todos sus clientes.

Datos de la empresa

Razón social:	Empresa Textil RAM JEANS
Actividad:	Producción y comercialización de prendas de vestir en tela jean
Tipo de empresa:	Industrial (privada)
Contacto:	Ing. Olger Ramos
Dirección:	Av. Juan de Velasco y Puerta del Dorado
Ciudad:	Pelileo – Tungurahua
Teléfono:	(593) (3) (2871557) – 0997325565
Sitio web:	http://ramjeans.blogspot.com

El mapa de la ubicación de la empresa se muestra en la Figura 6 y la vista satelital en la Figura 7.

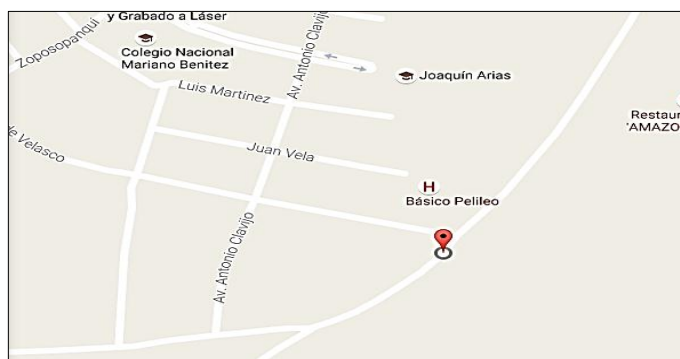


Figura 6. Mapa de ubicación de la empresa.



Figura 7. Vista satelital de la empresa

Reseña Histórica

La fábrica “Ram Jeans”, nace en la ciudad de Pelileo hace 24 años aproximadamente, sus propietarios, personas visionarias que emprenden una actividad con el afán de fomentar una empresa de carácter familiar, siendo en sus primeros años un taller artesanal que laboraba con maquinaria, herramientas y procesos de ese tiempo.

Así nació "RAM JEANS", la cual desde el 12 de marzo de 1992 posee el CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN ARTESANAL Nro. 89242 con razón social CONFECCIONES RAM JEAN, emitido a su Gerente Propietario: Héctor Napoleón Ramos Llerena.

Con el esfuerzo y un trabajo eficiente de sus colaboradores poco a poco la fábrica se fue tecnificando en sus procesos con la adquisición de maquinaria computarizada que permite un trabajo más rápido, obteniendo calidad y distinción en sus diferentes líneas de productos.

Hoy en la actualidad la fábrica cuenta con su círculo de producción completo, es decir cuenta con todos sus departamentos que son: adquisición de materias primas, de diseño y corte, ensamblaje y confección, lavandería y tintorería, terminado y embalaje del producto y canales de distribución, obteniendo así un producto de calidad con recurso humano especializado y tecnología de punta, que nos ayuda estar siempre en mercados competitivos y exigentes en la moda, satisfaciendo las necesidades de toda la población.

Misión

"RAM JEANS" se dedica a la producción y comercialización de productos hechos en tela Jean, porque es de utilidad diaria y viable en el mercado por su comodidad, estilo, y por su elegancia que hacen que toda persona lo adquiera por su calidad e innovación y así poder satisfacer la necesidad de sus clientes.

Visión

Ser una empresa textil reconocida en mercados nacionales e internacionales enfocada en la elegancia y vanguardia que las nuevas tendencias de la moda requieran.

Objetivos:

- Identificar las necesidades de los clientes
- Diseñar prendas de vestir que satisfagan las exigencias de nuestros clientes
- Entregar productos de calidad a tiempo y de forma eficaz
- Implementar nuevos procesos, maquinaria y tecnología que permitan mejorar la calidad de nuestros productos.

Productos

La empresa RAM JEANS cuenta con diferentes líneas de producción que permiten mantener un segmento de mercado de los productos en la industria de prendas de vestir.

Posee una gama de productos como:

- Jeans niños
- Jeans niñas
- Jeans temporada damas
- Jeans temporada hombres
- Enterisos largos
- Enterisos cortos
- Jeans hombre y mujer

4.2. Proceso productivo de la fábrica Ram Jeans

La fábrica Ram Jeans tiene una línea de producción en serie de pantalones jeans, además de ofrecer el servicio de lavado y teñido a clientes externos, que es en donde se centra la presente investigación.

Proceso general de fabricación de jeans:

Las áreas, procesos y actividades que se desarrollan para la fabricación de pantalones jeans se describen a continuación:

1. Bodega de almacenamiento de tela e insumos.
2. Diseño y corte.
 - Diseño de la línea a confeccionar.
 - Doblaje de tela.
 - Colocación de los moldes sobre la tela.
 - Corte de la tela.
3. Confección o ensamblaje.
 - Cosido de los bordes de las piezas de tela.
 - Confección de piezas posteriores.
 - Confección de piezas delanteras.
 - Colocación de cierre.
 - Unión de piezas posteriores y delanteras.
 - Confección de bastas.
 - Confección de pretinas.
 - Traque de pasadores.
 - Ojalado.
4. Proceso de lavado y Teñido.
 - Manualidades.
 - Lavado y teñido.
 - Centrifugado.
 - Secado.

5. Terminado del producto
 - Corte de hilos sobrantes.
 - Colocación de botones, remaches y aditamentos.
 - Planchado.
 - Colocación de etiquetas
 - Selección y clasificación de los productos terminados
6. Almacenamiento
7. Distribución

4.2.1. Descripción de las áreas de trabajo

La descripción de las áreas de trabajo para la fabricación de pantalones jean se detalla a continuación.

Área de diseño y corte.

En esta área se realiza el diseño de los pantalones a fabricar, el doblado de la tela, el trazado y corte, como se observa en la Figura 8.



Figura 8. Área de corte de tela.

Área de confección o ensamblaje

En esta área se realizan 9 actividades como son:

- **Cosido de los bordes de las piezas de tela:** Se realiza el cosido de los bordes de las piezas en la máquina encandiladora para evitar q la tela se deshile, como se observa en la Figura 9.



Figura 9. Cocido de bordes de las piezas.

- **Confección de piezas posteriores delanteras y posteriores:** Se realiza el cosido de las piezas delanteras y posteriores del pantalón en la máquina recta, como se observa en la Figura 10.



Figura 10. Confección de piezas delanteras y posteriores.

- **Colocación de cierres en las piezas delanteras:** Se coloca el cierre del pantalón en las piezas delanteras, como se observa en la Figura 11.



Figura 11. Colocación de cierres.

- **Unión de piezas posteriores y delanteras:** Se realiza la unión de las piezas delanteras y posteriores del pantalón, como se observa en la Figura 12.



Figura 12. Unión de piezas posteriores y delanteras

- **Confección de bastas:** Se realiza el cosido de las bastas del pantalón, como se observa en la Figura 13.



Figura 13. Cosido de bastas.

- **Confección de pretinas:** Se realiza la confección de la pretina del pantalón, como se observa en la Figura 14.



Figura 14. Cosido de pretinas.

- **Traque de pasadores y ojalado:** Se realiza el tracado de los pasadores que van en la pretina del pantalón y el ojal como se observa en la Figura 15.



Figura 15. Tracado de pasadores y ojalado.

Área de lavado y teñido.

En esta área se realiza las manualidades, lavado y teñido, centrifugado y secado de las prendas, las cuales se detallan a continuación:

- **Manualidades:** Se realiza el desgaste, decoloración y perforación de los pantalones según el modelo y lo especificado por producción, como se observa en la Figura 16.



Figura 16. Realización de manualidades.

- **Lavado y Teñido:** En esta sub área se realiza el lavado y teñido de las prendas los cuales constan de los siguientes procesos:
 - **Desengomado:** Es el proceso previo al teñido de las prendas en donde se elimina la película o goma que cubre a la tela jean, como se observa en la Figura 17.



Figura 17. Desgomado de las prendas.

- **Stone:** Consiste en una decoloración homogénea del pantalón mediante encimas y piedra pómez, como se observa en la Figura 18.



Figura 18. Proceso de stone.

- **Teñido:** Se tintura las prendas de acuerdo con el modelo y el tono especificado en producción, para lo cual se prepara la máquina con la cantidad necesaria de agua y vapor además de pesar y diluir los tintes que se introducen en la máquina, como se observa en la Figura 19.



Figura 19. Teñido de las prendas.

- **Fijación:** Se realiza la fijación del color mediante ácidos y enzimas, como se observa en la Figura 20.



Figura 20. Fijación del color de las prendas.

- **Lavado:** Se realiza el lavado después de cada proceso para eliminar los químicos utilizados, como se observa en la Figura 21.



Figura 21: Lavado de las prendas.

- **Suavizado:** Se realiza el suavizado para mejorar la apariencia y el tacto del pantalón, como se observa en la Figura 22.



Figura 22: Suavizado de las prendas.

- **Centrifugado:** Mediante el centrifugado se busca quitar la mayor cantidad de humedad de las prendas después del proceso de lavado y teñido para posteriormente pasar al proceso de secado, como se observa en la Figura 23.



Figura 23: Centrifugado de las prendas.

- **Secado:** Se realiza el secado de los pantalones con el uso de vapor, además se introduce un químico que le da brillo a las prendas mediante el uso de un aspersor neumático como se observa en la Figura 24.



Figura 24: Secado de las prendas.

Área de terminado

En esta área se lleva a cabo el terminado de los pantalones para ello se realiza el planchado, colocaron de etiquetas y clasificación, como se observa en la Figura 25.



Figura 25: Área de Terminado

4.2.2. Selección del área de trabajo para estudio

El estudio se enfoca directamente al área de lavado y teñido de la fábrica RAM JEANS, de manera que la información recopilada y análisis va a estar dirigida a los procesos de manufactura del área en cuestión.

Se selecciona el área de lavado y teñido ya que posee una gran cantidad de actividades y es en la cual se utilizan un mayor número de recursos como: energía, combustible, químicos, personas y maquinaria, además que éste proceso forma parte esencial para obtener una prenda de calidad y con las especificaciones requeridas por los clientes.

Mapa de procesos del ámbito - lavado y teñido

El mapa de ámbito presenta de manera clara y específica el desarrollo de las actividades del proceso de dicha área. Este mapa permite tener una visión general y conocer de mejor manera el proceso a analizarse. En la Figura 26 se observa el mapa de procesos.

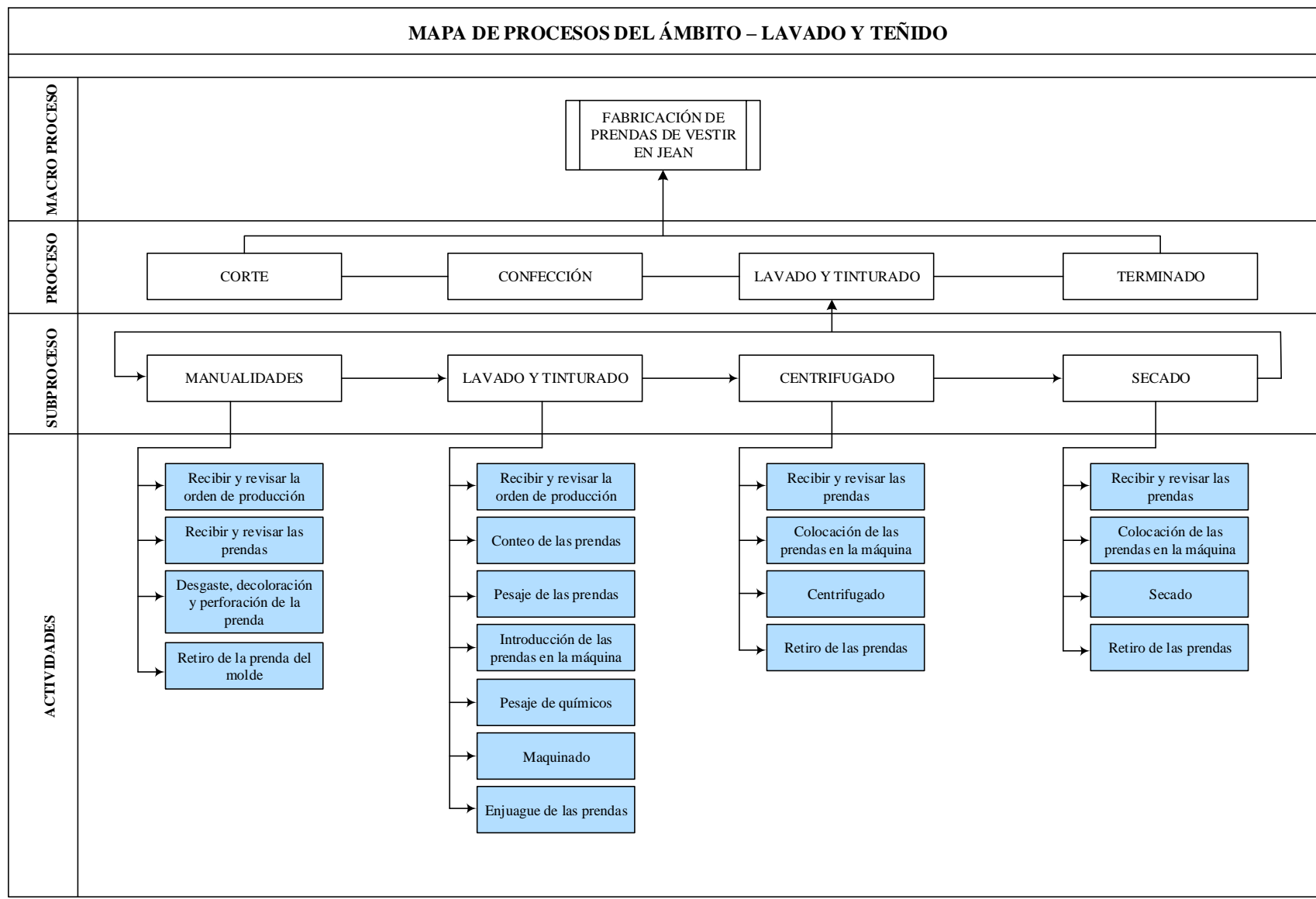


Figura 26: Mapa de procesos del ámbito (Lavado y teñido)

4.2.3. Método actual de trabajo para el lavado y teñido de pantalones jeans

Para la descripción del método que la empresa emplea para el lavado y teñido de pantalones jeans, se utiliza una serie de diagramas cuya finalidad es, establecer información detallada, concisa y clara de todos los procedimientos que actualmente se realizan para el lavado y teñido de pantalones jeans. Los principales diagramas utilizados son: diagrama de ensamble o proceso, cursograma analítico, layout de la fábrica y diagrama de recorrido.

4.2.4. Diagrama de ensamble del método actual

El diagrama de ensamble actual describe de forma íntegra el proceso de lavado y teñido de pantalones jeans de la fábrica Ram Jeans, en este diagrama se establecen las operaciones principales, inspecciones, transportes, almacenamientos y demoras que se desarrollan en el transcurso del proceso productivo, además permite mostrar todos los componentes que intervienen en la fabricación y el orden en el cual actúa cada uno de ellos. El componente principal del diagrama es la prenda o pantalón confeccionado proveniente del área de confección, en base a este componente se va a establecer la relación con los demás materiales involucrados en el lavado y teñido, a continuación se detalla todas las operaciones, inspecciones, transportes y almacenamientos que se observan en la Figura 27.

Análisis del proceso productivo en el área de lavado y teñido

El diagrama de ensamble inicia con la operación conteo y pesaje del lote de pantalones, a esta operación se la considera como principal puesto que, en base al peso registrado se determina la cantidad de químicos y demás recursos necesarios para el desarrollo de todos los procesos. A continuación se describe en orden jerárquico cada una de las operaciones, inspecciones, transportes y almacenamientos que forman parte del diagrama de ensamble que se muestra en la Figura 27.

Almacenamiento 1: Recepción y almacenamiento de las prendas provenientes del área de confección

Transporte 1: Las prendas son transportadas a la actividad de manualidades.

Operación 1: Se realiza las manualidades, esta operación consiste en realizar un desgaste, decoloración y perforación de la prenda según sea el caso especificado en la orden de producción.

Inspección y operación 1: Las prendas son inspeccionadas para verificar que se hayan realizado las manualidades correctamente.

Transporte 2: Las prendas son transportadas a la actividad de pesaje.

Operación 2: Se cuenta el número de prendas que componen el lote de producción.

Operación 3: Se pesa el lote de producción, se anota el número de prendas y peso.

Transporte 3: El lote es transportado a la actividad de lavado y teñido.

Operación 4: Las prendas son introducidas en la máquina para el lavado y teñido

Operación 5: Se pesan los químicos como: el anti-quiebre y alfa - amilaza para realizar el desengome de las prendas, en función al número de prendas que componen el lote.

Operación 6: Se llena la máquina con agua y vapor hasta alcanzar el nivel y temperatura requerida para el desengome.

Operación 7: Se pone en marcha la máquina y se introduce el anti-quiebre y la alfa- amilaza.

Operación 8: Se realiza el desengome de las prendas por un lapso de 15 minutos a una temperatura de 60°C.

Inspección y operación 2: Se detiene la máquina después de haber transcurrido los 15 minutos, las prendas son inspeccionadas para asegurarse de que se haya eliminado en su totalidad la película cerinosa o goma.

Operación 9: Se realiza un enjuague para eliminar los restos de químicos y goma de las prendas.

Operación 10: Se pesan los diferentes químicos como: dispersante y enzima acida para realizar el denominado Stone.

Operación 11: Se llena la máquina con agua y vapor hasta alcanzar el nivel y temperatura requerida para el stone.

Operación 12: Se Introduce en la máquina: ácido cítrico, dispersante, enzima acida y vapor.

Operación 13: Se realiza el Stone por un lapso de 45 minutos a una temperatura de 60°C.

Inspección y operación 3: Se detiene la máquina y se verifica la uniformidad del stone en las prendas.

Operación 14: Se realiza un enjuague para eliminar los restos de químicos, tela (pelusa) y enzimas.

Operación 15: Se pesan los diferentes pigmentos según el color especificado en la orden de producción.

Operación 16: Se llena la máquina con agua y vapor hasta alcanzar el nivel y temperatura requerida para el teñido.

Operación 17: Se pone en marcha la máquina y se introducen los pigmentos.

Operación 18: Se realiza teñido de las prendas por un lapso de 20 minutos a 80 °C.

Inspección y operación 4: Se detiene la máquina y se inspecciona que las prendas se hayan teñido correctamente en el tono especificado por producción.

Operación 19: Se realiza un enjuague para eliminar los restos del pigmento.

Operación 20: Se pesan los químicos llamados ácidos neutralizantes que permiten la fijación del tinte en las prendas.

Operación 21: Se llena la máquina con agua y vapor hasta alcanzar el nivel y temperatura requerida para la fijación del tinte.

Operación 22: Se pone en marcha la máquina y se introducen los ácidos neutralizantes.

Operación 23: Se realiza la fijación por un lapso de 15 minutos a 40 °C.

Inspección y operación 5: Se detiene la máquina y se inspecciona que las prendas no presenten ningún tipo de decoloración o imperfección.

Operación 24: Se realiza un enjuague para eliminar los restos de ácido y pigmentos.

Operación 25: Se pesa el humectante y suavizante para realizar el suavizado de las prendas.

Operación 26: Se llena la máquina con agua y vapor hasta alcanzar el nivel y temperatura requerida para el suavizado.

Operación 27: Se pone en marcha la máquina y se introduce el humectante y suavizante.

Operación 28: Se realiza el suavizado por un lapso de 5 minutos a 30 °C.

Inspección y operación 6: Se detiene la máquina y se inspecciona que las prendas no presenten ningún tipo de decoloración o imperfección.

Operación 29: Se retiran las prendas de la máquina después de la actividad de lavado y teñido y se las coloca en un contenedor.

Transporte 4: Se transportan las prendas a la actividad de centrifugado.

Operación 30: Se colocan las prendas en la máquina centrifugadora.

Operación 31: Se realiza el centrifugado de las prendas por un lapso de 5 minutos.

Operación 32: Se retiran las prendas de la máquina y se las coloca en un contenedor.

Transporte 5: Se transportan las prendas centrifugadas a la actividad de secado.

Operación 33: Se introducen las prendas en la máquina de secado.

Operación 34: Se coloca brillo por medio de una pistola neumática.

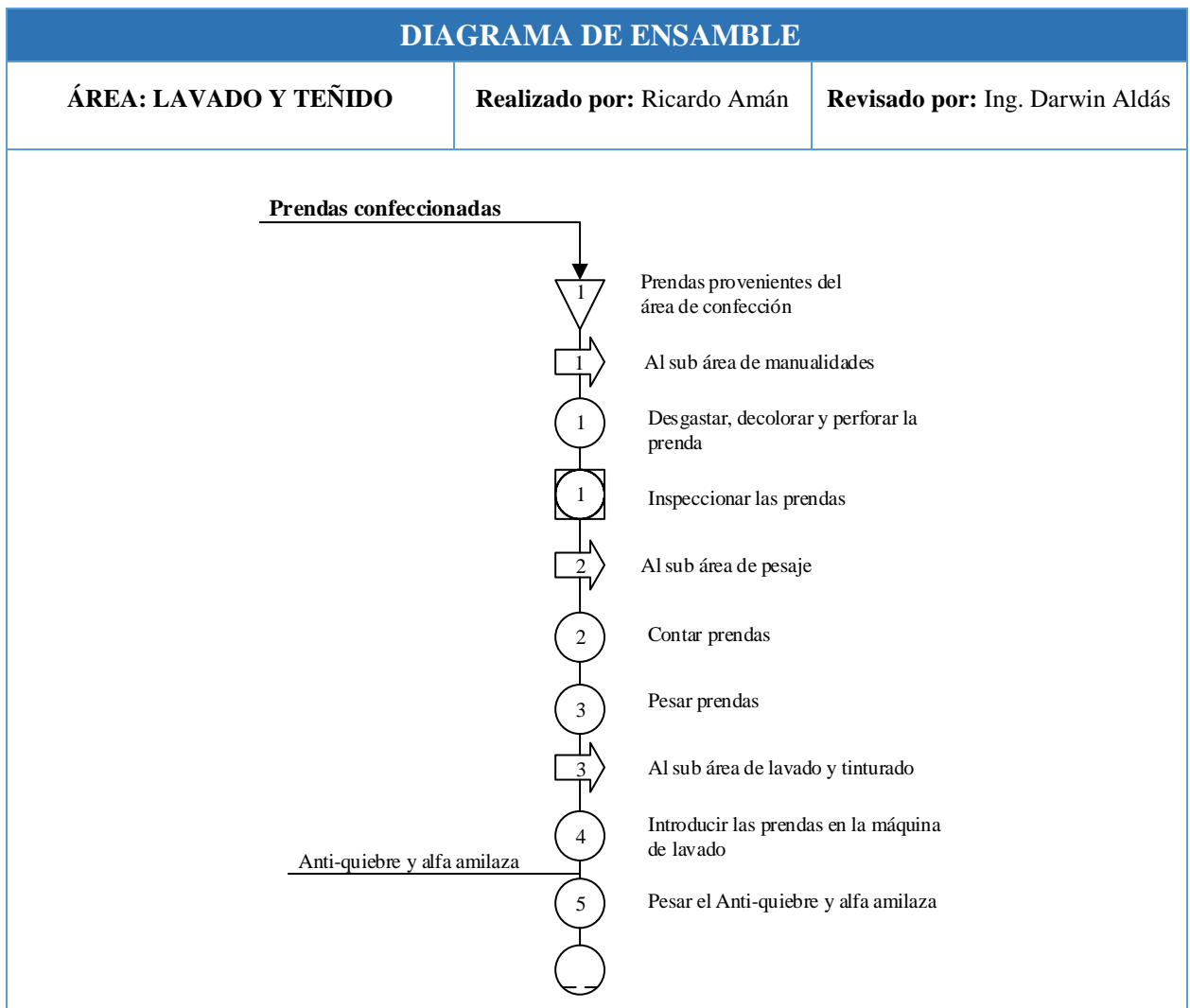
Operación 35: Se realiza el secado de las prendas por un tiempo de 45 minutos a una temperatura de 40 °C.

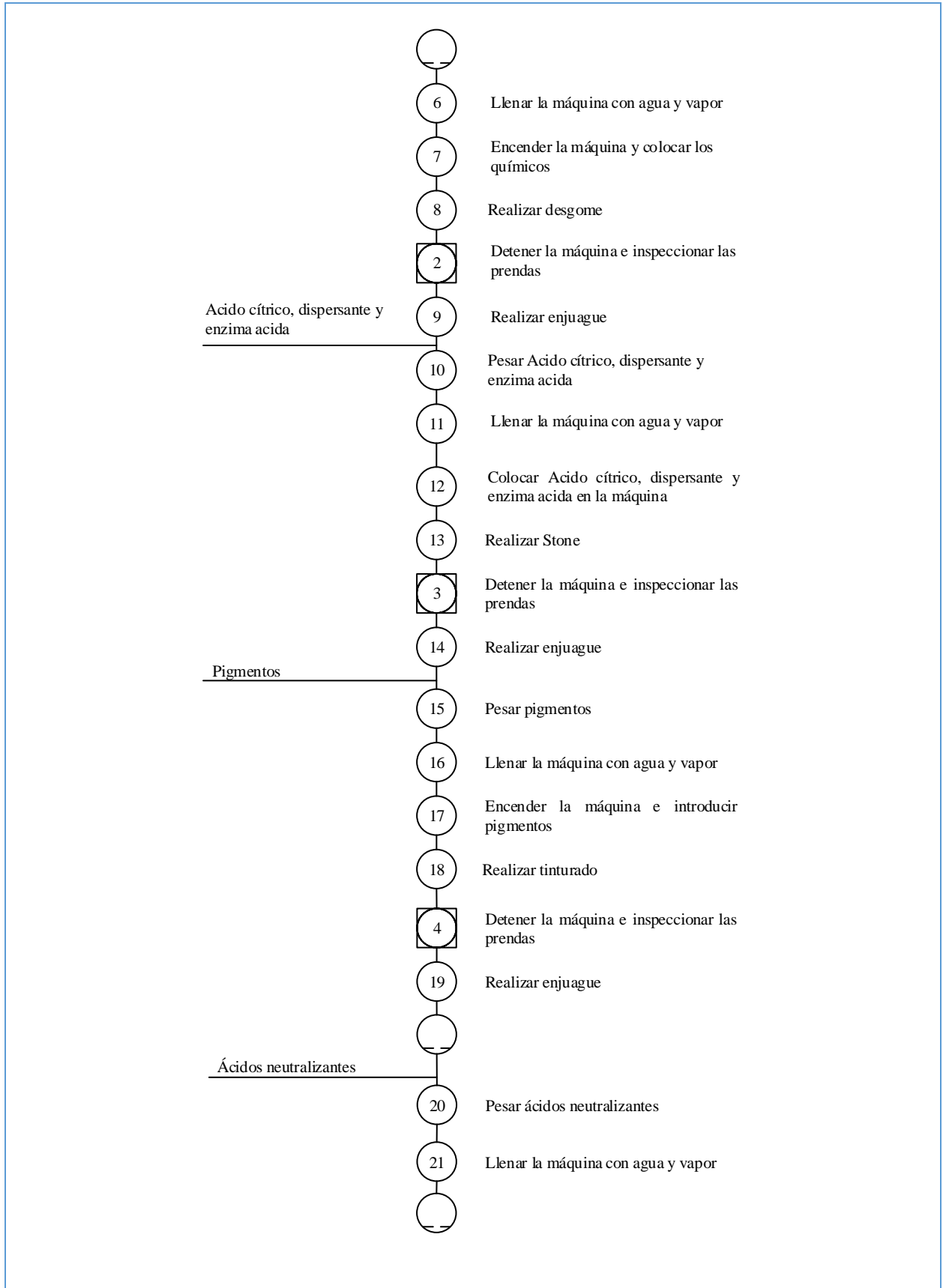
Inspección y operación 7: las prendas son inspeccionadas para verificar que no presenten humedad.

Operación 36: Se detiene la máquina y se colocan las prendas en las mesas de clasificación.

Operación 37: Se clasifican las prendas de acuerdo al color y modelo.

Transporte 6: Se transportan las prendas al área de terminado.





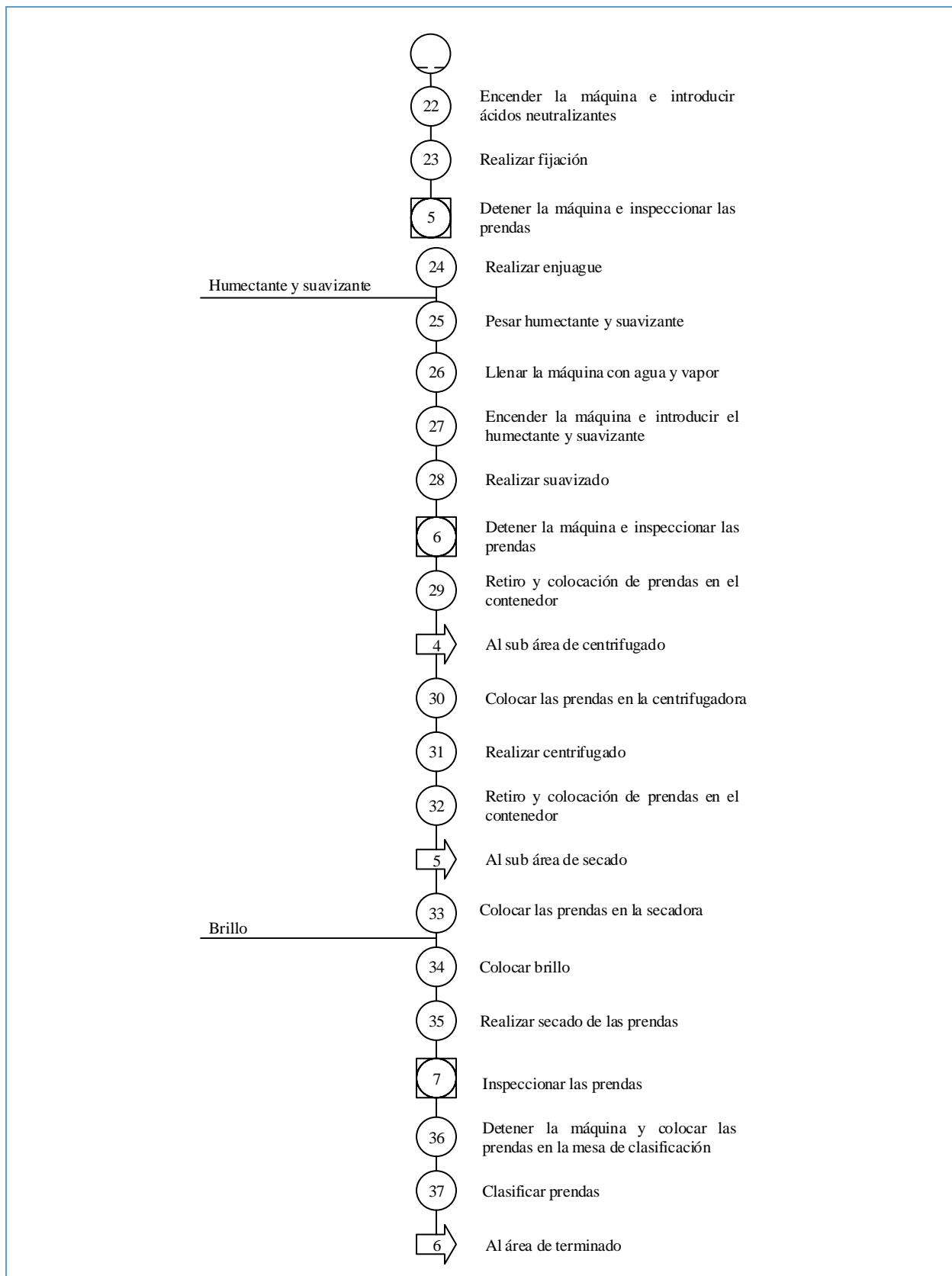


Figura 27: Diagrama de ensamble: Área de montaje.

4.2.5. Cursograma analítico método actual

El cursograma analítico es un diagrama que muestra de forma más detallada el proceso de lavado y teñido, este diagrama tiene similitud con el diagrama de ensamble ya que se muestran las actividades fundamentales como: operaciones, inspecciones, transportes, almacenamientos y demoras que ocurren durante el proceso productivo en los cuales se introducen detalles relativos como la cantidad de material, distancias y tiempos empleados para cada actividad.

En la Tabla 5 se presenta el cursograma analítico del proceso de lavado y teñido de pantalones jeans, en la cual se observan todas las actividades inherentes a este proceso, e información detallada que se emplean para el desarrollo de los mismos.

Tabla 5: Cursograma analítico del lavado y teñido de pantalones jeans

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO DE LAVADO Y TEÑIDO DE JEAN				OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO					
Diagrama N° 1		Hoja N° 1 de 3		ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPUESTO		
Producto	Prendas Jeans		Operación	○	36				
			Transporte	⇒	6				
Actividad	Lavado y teñido de prendas en jean		Espera	□	0				
			Inspección	◻	7				
Lugar	Fabrica RAM JEANS		Almacenamiento	▽	1				
			Distancia (metros)						
Método	Actual		Tiempo (minutos)						
Operarios			Total						
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	SÍMBOLO					Observaciones
				○	⇒	□	◻	▽	
Almacenar las prendas provenientes del área de confección	50	-	-						
Transportar las prendas al sub área de manualidades	50	4.20	0.39						Manualmente, la cantidad depende de la capacidad de carga del operario
Realizar el desgaste, decoloración y perforación de las prendas	1	-	2.12						Manualmente
Verificar que se hayan realizado correctamente las manualidades	-	-	-						Manualmente
Transportar el lote al sub área de pesaje	50	13.60	3.15						Manualmente.

Tabla 5: Continuación 1

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO DE LAVADO Y TEÑIDO DE JEAN				OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO					
Diagrama N° 1	Hoja N° 2 de 3			CONTINUACIÓN 1					
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	SÍMBOLO					Observaciones
				○	➔	D	◻	▽	
Contar número de prendas	50	-	2.12	●					Manualmente
Pesar el lote	50	-	0.48	●					
Transportar al sub área de lavado y teñido	50	11.15	2.20	●	●				Manualmente la cantidad depende de la capacidad de carga del operario
Introducir las prendas en la máquina	50	-	0.50	●					Manualmente
Pesar anti-quebre y alfa amilasa	50	-	1.27	●					Manualmente
Llenar la máquina con agua y vapor	50	-	1.05	●					
Colocar los químicos	50	-	0.16	●					Manualmente
Realizar Desengomado de las prendas	50	-	15.00	●					En máquina
Verificar desengome de las prendas	-	-	-					●	
Realizar enjuague	50	-	3.54	●					
Pesar ácido cítrico, dispersante y enzima acida	50	-	2.65	●					Manualmente
Llenar la máquina con agua y vapor	50	-	1.10	●					
Colocar ácido cítrico, dispersante y enzima acida en la máquina	50	-	1.66	●					Manualmente
Realizar Stone	50	-	45.00	●					En máquina
Verificar uniformidad del Stone en las prendas	-	-	-					●	
Realizar enjuague	50	-	3.34	●					
Pesar los pigmentos para el teñido	50	-	1.14	●					
Llenar la máquina con agua y vapor	50	-	4.23	●					
Colocar los pigmentos	50	-	0.82	●					
Realizar el teñido	50	-	20.00	●					En máquina
Verificar la tonalidad o color en las prendas	-	-	-					●	
Realizar enjuague	50	-	5.72	●					
Pesar ácidos neutralizantes	50	-	1.63	●					Manualmente
Llenar la máquina con agua y vapor	50	-	4.33	●					
Colocar los ácidos neutralizantes	50	-	0.35	●					Manualmente
Realizar el neutralizado o fijación	50	-	15.00	●					En máquina
Verificar la tonalidad y uniformidad del tono de las prendas	-	-	-					●	
Realizar enjuague	50	-	4.18	●					
Pesar humectante y suavizante	50	-	0.54	●					
Llenar la máquina con agua y vapor	50	-	4.62	●					

Tabla 5: Continuación 2

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO DE LAVADO Y TEÑIDO DE JEAN				OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO						
Diagrama N° 1	Hoja N° 3 de 3			CONTINUACIÓN 2						
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	SÍMBOLO					Observaciones	
				○	⇒	D	◻	▽		
Colocar el humectante y suavizante	50	-	0.36	●						
Realizar el suavizado de las prendas	50	-	5.00	●						En máquina
Verificar el suavizado de las prendas	-	-	-						●	
Colocar las prendas en un contenedor	50	-	1.25	●						Manualmente
Transportar al sub área de centrifugado	50	7.30	0.22						●	Manualmente la cantidad depende de la capacidad de carga del operario
Colocar las prendas en la centrifugadora	50	-	1.25	●						
Realizar el centrifugado de las prendas	50	-	5.00	●						En máquina
Colocar las prendas en un contenedor	50	-	0.91	●						
Transportar al sub área de secado	50	5.60	0.24						●	Manualmente la cantidad depende de la capacidad de carga del operario
Colocar las prendas en la máquina secadora	50	-	0.20	●						
Realizar el secado de las prendas	50	-	45.00	●						En máquina
Colocar brillo	50	-	0.86	●						Manualmente con pistola neumática
Verificar que las prendas se hayan secado	-	-	-						●	
Colocar las prendas en la mesa de clasificación	50	-	0.42	●						
Clasificar las prendas	50	-	5.62	●						
Acomodar los pantalones por lotes	50	-	3.25	●						
Transportar al sub área de terminado	50	26.20	3.94						●	Manualmente la cantidad depende de la capacidad de carga del operario

4.2.6. Layout actual del área de lavado y teñido de la fábrica Ram Jeans

El layout del área de lavado y teñido permite visualizar e identificar cada una de las sub área involucrada en el proceso productivo, en este diagrama se observa la delimitación

de cada sub área, la disposición de la maquinaria, puestos de trabajo y sitios de almacenamiento.

En el anexo 1 se muestra el layout del área de lavado y teñido de la fábrica Ram Jeans.

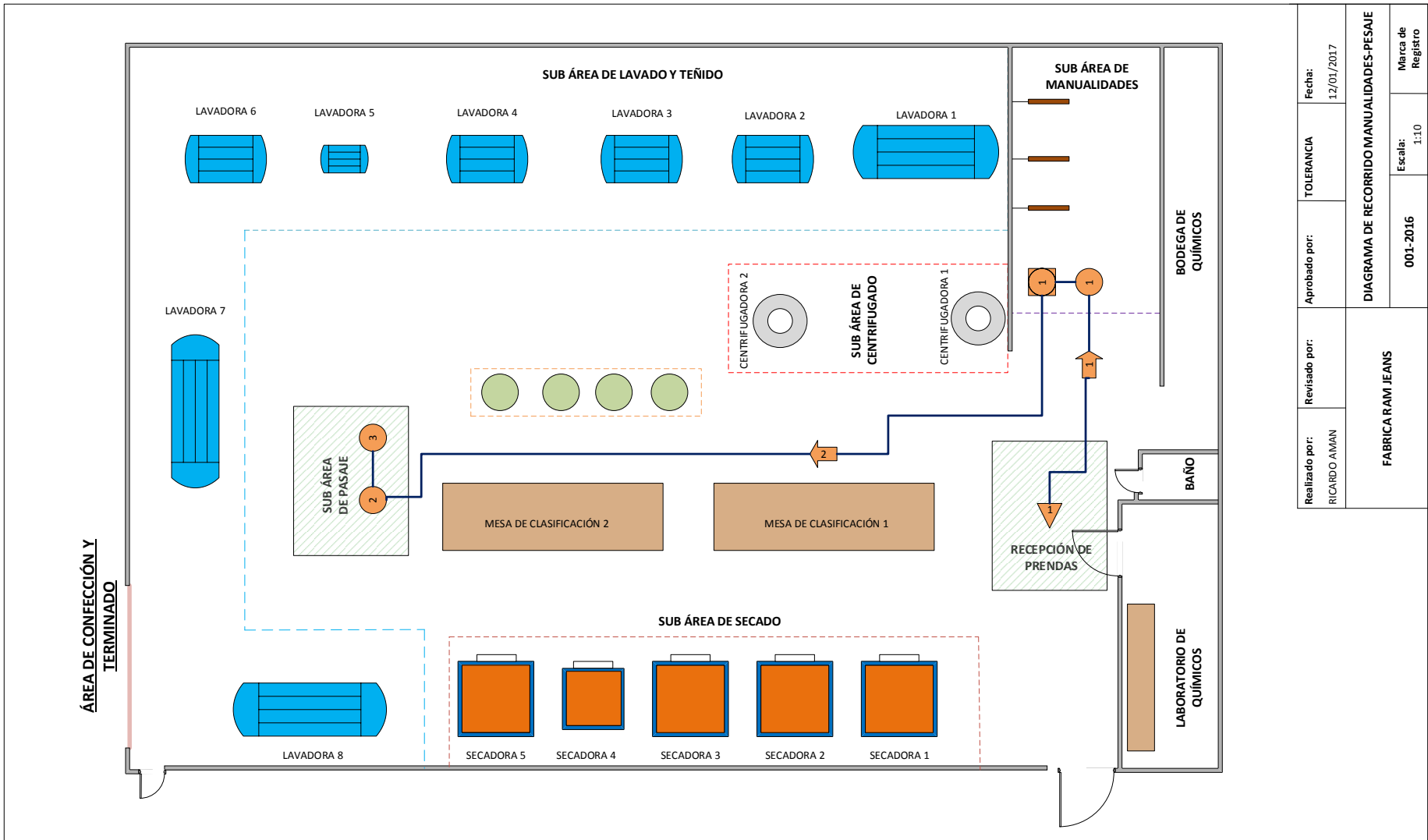
4.2.7. Diagrama de recorrido actual

Definición: el diagrama de recorrido complementa la información registrada en el cursograma analítico; este consiste en un plano de la planta o sección donde se desarrolla el proceso objeto del estudio.

En este diagrama se registran todos los diferentes movimientos del material, indicando con su respectivo símbolo y numeración cada una de las diferentes actividades, y el lugar donde estas se ejecutan [27].

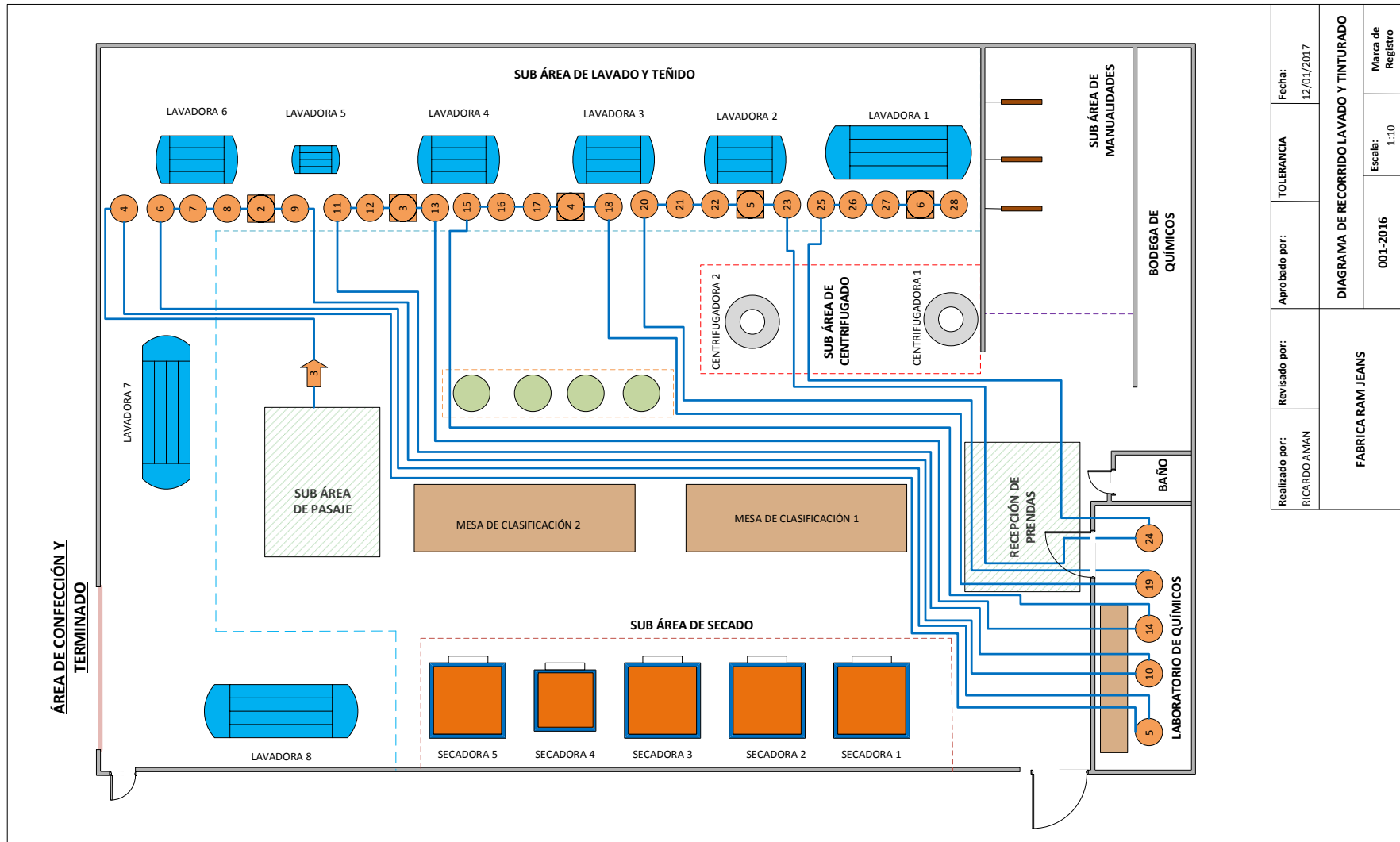
El diagrama de recorrido actual, presenta el proceso productivo del lavado y teñido de pantalones jeans, este diagrama permite establecer de manera visual el movimiento del producto por cada una de las sub áreas, estaciones de trabajo y maquinaria que conforman esta área, además se observa cada una de las operaciones, inspecciones, transportes y almacenamientos descritos en el diagrama de ensamble y el cursograma analítico.

A continuación, en la Figura 28 se presenta el diagrama de recorrido de manualidades y pesaje, en la Figura 29 el diagrama de recorrido del lavado y teñido y en la Figura 30 el diagrama de recorrido del centrifugado y secado de las prendas



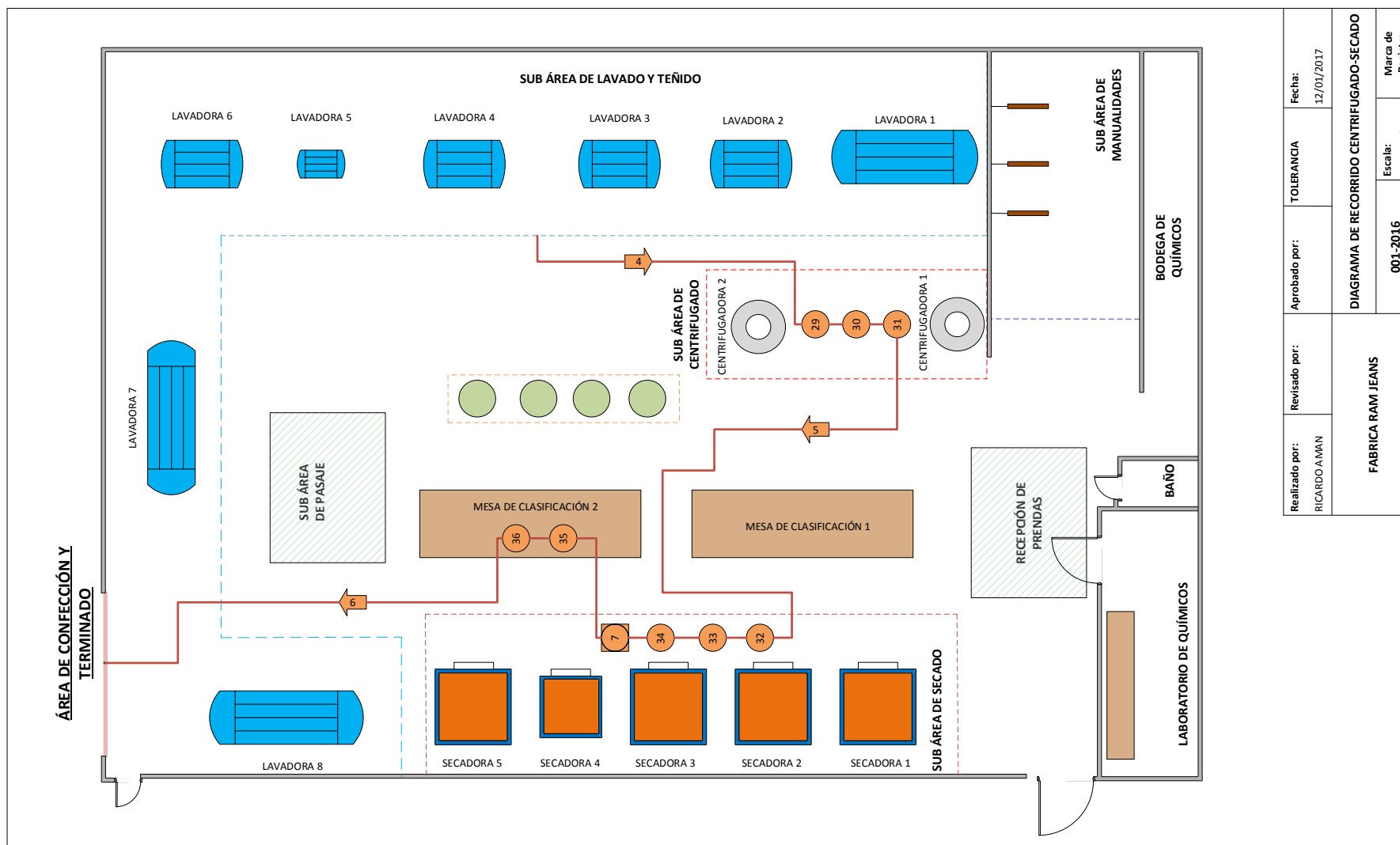
Realizado por: RICARDO AÍMAN	Revisado por:	Aprobado por:	TOLERANCIA	Fecha: 12/01/2017
FABRICA RAM JEANS		001-2016		Escala: 1:10
		DIAGRAMA DE RECORRIDO MANUALIDADES-PESAJE		

Figura 28: Diagrama de recorrido Manualidades - Pesaje



Realizado por: RICARDO AMAN	Revisado por:	Aprobado por:	TOLERANCIA	Fecha: 12/01/2017
FABRICA RAM JEANS			001-2016	Escala: 1:10
DIAGRAMA DE RECORRIDO LAVADO Y TINTURADO				Marca de Registro

Figura 29: Diagrama de recorrido de Lavado y Teñido



Realizado por: RICARDO AMAN	Revisado por:	Aprobado por:	TOLERANCIA	Fecha: 12/01/2017
FABRICA RAM JEANS		DIAGRAMA DE RECORRIDO CENTRIFUGADO-SECADO		Marca de Registro
		001-2016	Escala: 1:10	

Figura 30: Diagrama de recorrido Centrifugado – Secado - Clasificación

4.3. Descripción de las actividades

A continuación, desde la Tablas 6 a la Tabla 15 se describen con mayor detalle las actividades y subprocesos del proceso general, esto es necesario para determinar los cuellos de botella existentes y la mayoría de las restricciones del sistema. Para llevar a cabo el estudio de tiempos el primer paso es delimitar las operaciones que se realizan en el desarrollo del proceso productivo para el lavado y teñido de pantalones jeans, para lo cual se divide las actividades y subprocesos en elementos, en las tablas siguientes se detalla el desglose de las actividades. Se incluyen además los transportes en cada proceso, material, el número de estudio y la máquina que se utiliza, datos importantes al momento de ingresar datos al Simulador.

Tabla 6: Actividad de manualidades


		DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	
		Estudio N° 01	
Operación:	Manualidades	Subárea:	Manualidades
Producto:	Desgastes, perforaciones	Material:	Pantalones jeans
Maquinaria:	Compresor	Herramientas:	Moldes inflables, rotor neumático
DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS			
LETRA	DETALLE		
A	Transportar las prendas a la actividad de manualidades		
B	Colocar los pantalones en el molde inflable		
C	Realizar el desgaste o perforación (mediante la utilización del rotor neumático)		
D	Colocar los pantalones sobre la mesa de trabajo		

Tabla 7: Actividad de pesaje


		DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	
		Estudio N° 02	
Operación:	Pesaje	Subárea:	Pesaje
Producto:	Pantalones pesados (lote de producción)	Material:	Pantalones jeans
Maquinaria:	No aplica	Herramientas:	balanza
DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS			
LETRA	DETALLE		
A	Transportar las prendas a la actividad de pesaje		
B	Contar los pantalones que componen el lote de producción		
C	Pesar el lote		
D	Colocar los pantalones en el área asignada		

Tabla 8: Actividad de desengome


		DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	
		Estudio N° 03	
Operación:	Desgomado	Subárea:	Lavado y teñido
Producto:	Pantalones desgomados	Material:	Pantalones sin lavar
Maquinaria:	Lavadora horizontal	Herramientas:	Balanza
DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS			
LETRA	DETALLE		
A	Transportar las prendas a la actividad de lavado y teñido		
B	Introducir las rendas en la máquina		
C	Pesar el Anti-quiebre y alfa amilaza		
D	Llenar la máquina con agua y vapor		
E	Colocar los químicos		
F	Realizar desengome		
G	Realizar enjuague		

Tabla 9: Actividad de Stone


		DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	
		Estudio N° 04	
Operación:	Stone	Subárea:	Lavado y teñido
Producto:	Pantalones-Stone	Material:	Pantalones desengomados
Maquinaria:	Lavadora horizontal	Herramientas:	Balanza
DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS			
LETRA	DETALLE		
A	Pesar el ácido cítrico, dispersante y enzima acida		
B	Llenar la máquina con agua y vapor		
C	Colocar los químicos		
D	Realizar stone		
E	Realizar enjuague		

Tabla 10: Actividad de Teñido


		DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	
		Estudio N° 05	
Operación:	Teñido	Subárea:	Lavado y teñido
Producto:	Pantalones teñidos	Material:	Pantalones-stone
Maquinaria:	Lavadora horizontal	Herramientas:	Balanza
DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS			
LETRA	DETALLE		
A	Pesar pigmentos		
B	Llenar la máquina con agua y vapor		
C	Colocar los pigmentos		
D	Realizar teñido		
E	Realizar enjuague		

Tabla 11: Actividad de Fijación


		DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES Estudio N° 06	
Operación:	Fijación	Subárea:	Lavado y teñido
Producto:	Pantalones fijados (fijación del color)	Material:	Pantalones teñidos
Maquinaria:	Lavadora horizontal	Herramientas:	Balanza
DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS			
LETRA	DETALLE		
A	Pesar ácidos neutralizantes		
B	Llenar la máquina con agua y vapor		
C	Colocar ácidos neutralizantes en la máquina		
D	Realizar Fijación		
E	Realizar enjuague		

Tabla 12: Actividad de Suavizado


		DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES Estudio N° 07	
Operación:	Suavizado	Subárea:	Lavado y teñido
Producto:	Pantalones suavizados	Material:	Pantalones fijados
Maquinaria:	Lavadora horizontal	Herramientas:	Balanza
DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS			
LETRA	DETALLE		
A	Pesar humectante y suavizante		
B	Llenar la máquina con agua y vapor		
C	Colocar el humectante y suavizante en la máquina		
D	Realizar suavizado		
E	Colocar las prendas en un contenedor		

Tabla 13: Actividad de Centrifugado


		DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES Estudio N° 08	
Operación:	Centrifugado	Subárea:	Centrifugado
Producto:	Pantalones suavizados	Material:	Pantalones lavados y teñidos
Maquinaria:	Centrifugadora	Herramientas:	No aplica
DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS			
LETRA	DETALLE		
A	Transportar a la actividad de centrifugado		
B	Colocar las prendas en la centrifugadora		
C	Realizar centrifugado		
D	Colocar las prendas en un contenedor		

Tabla 14: Actividad de Secado


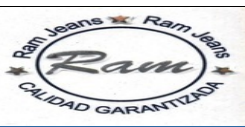
		DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES Estudio N° 09	
Operación:	Secado	Subárea:	Secado
Producto:	Pantalones secos	Material:	Pantalones centrifugados
Maquinaria:	Secadora a vapor	Herramientas:	No aplica
DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS			
LETRA	DETALLE		
A	Transportar a la actividad de secado		
B	Colocar las prendas en la secadora		
C	Colocar brillo (mediante una pistola neumática para pintura)		
D	Realizar secado		
E	Colocar las prendas en la mesa de clasificación		

Tabla 15: Actividad de Clasificación

		DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES Estudio N° 10	
Operación:	Clasificación	Subárea:	Clasificación
Producto:	Pantalones clasificados	Material:	Pantalones secos
Maquinaria:	No aplica	Herramientas:	No aplica
DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS			
LETRA	DETALLE		
A	Clasificar las prendas (por talla, color o modelo)		
B	Acomodar los pantalones en lotes		
C	Transportar a la actividad de terminado		

4.4. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida [23].

Para determinar el número de observaciones o ciclos se lo hace mediante el método estadístico explicado en la fundamentación teórica, para lo cual es necesario establecer un número de observaciones preliminares de acuerdo con la tabla 16, donde se toma 10 observaciones, puesto que los elementos del ciclo están en el rango de 5 a 10 minutos.

Tabla 16: Número recomendado de observaciones [27].

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

4.4.1. Cálculo del número de observaciones

Como se menciona en la fundamentación teórica para la determinación del tamaño de la muestra se utiliza el método estadístico, para lo cual en la Tabla 17 se detalla el tiempo cronometrado (X) en minutos de las observaciones preliminares para cada elemento de la actividad de manualidades.

Tabla 17: Cálculo del número de observaciones: Actividad - Manualidades

ELEMENTOS							
A		B		C		D	
X	X ²	X	X ²	X	X ²	X	X ²
0,31	0,10	0,82	0,67	0,53	0,28	0,28	0,08
0,33	0,11	0,75	0,56	0,66	0,44	0,30	0,09
0,37	0,14	0,78	0,61	0,62	0,38	0,27	0,07
0,35	0,12	0,71	0,50	0,64	0,41	0,32	0,10
0,37	0,13	0,87	0,75	0,53	0,28	0,27	0,07
0,39	0,15	0,72	0,52	0,55	0,30	0,25	0,06
0,36	0,13	0,70	0,49	0,68	0,46	0,26	0,07
0,41	0,17	0,85	0,72	0,65	0,42	0,25	0,06
0,32	0,10	0,72	0,52	0,57	0,32	0,24	0,06
0,34	0,12	0,88	0,78	0,61	0,37	0,28	0,08
10,93		11,59		12,12		11,67	
11		12		12		12	
NÚMERO DE OBSERVACIONES				12			

Se realiza el mismo procedimiento para calcular el tamaño de la muestra para cada una de las actividades, en la Tabla 18 se presenta un resumen con el tamaño de muestras a realizar para cada una de las actividades [27].

Tabla 18: Resumen del número de observaciones

Actividades	Número de observaciones
Manualidades	12
Pesaje	12
Desengome	11
Stone	11
Tenido	12
Fijación	10
Suavizado	10
Centrifugado	11
Secado	11
Clasificación	10

4.4.2. Tiempo estándar

El tiempo estándar es el tiempo total de ejecución de una tarea al ritmo tipo. Se encuentra mediante la suma del tiempo básico más algunas holguras por necesidades personales, fatiga del trabajador y las demoras inevitables del trabajo [27]. A continuación se realiza un detalle completo del estudio de tiempos tomado para una actividad y para las demás se consideran parámetros similares, las mismas que se detallan en el Anexo 2. Para el ejemplo se toma la actividad de Manualidades.

Valoración del ritmo de trabajo: En el ejemplo analizado (manualidades), se obtiene la valoración del ritmo de trabajo para las actividades de la Tabla 6, las mismas que se detalla en la Tabla 19.

Tabla 19: Valoración del ritmo de trabajo de para la actividad de manualidades

VALORACIÓN DEL RITMO DE TRABAJO					
ACTIVIDA D	HABILIDA D	ESFUERZ O	CONDICIONE S	CONSISTENCI A	VALORACIÓN
A	0,00	0,02	0,00	0,00	102
B	0,08	0,02	0,02	0,01	113
C	0,13	0,08	0,00	0,01	122
D	0,00	0,02	0,00	0,00	102

Los resultados de la tabla anterior se detallan a continuación:

- Para transportar los pantalones a la actividad de manualidades solamente se requiere un esfuerzo Bueno y una habilidad, consistencia y condiciones promedio.
- Para colocar los pantalones en el molde inflable se requiere una habilidad excelente, ya que no se debe dejar pliegues ni dobleces en el pantalón, un esfuerzo Bueno, condiciones buenas, así como una buena consistencia.
- Para realizar la manualidad (desgaste, perforación o decoloración) se requiere de una habilidad extrema puesto que se debe regir al diseño preestablecido de manualidad, además de un esfuerzo excelente, consistencia buena y condiciones regulares.
- Para colocar los pantalones sobre la mesa de trabajo se requiere de un esfuerzo bueno y de una habilidad, condiciones y consistencia promedio.

Las consideraciones anteriores se toman para todo el estudio. Una vez determinada la valoración del ritmo de trabajo para la actividad en estudio se procede al cálculo del tiempo básico como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20: Estudio de tiempos de la actividad manualidades

N°		Ciclos												Total	\bar{X}	V	TB
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1	A	0,31	0,333	0,37	0,35	0,37	0,39	0,36	0,41	0,32	0,34	0,34	0,22	4,11	0,34	102	0,35
2	B	0,82	0,75	0,78	0,71	0,87	0,72	0,7	0,85	0,72	0,88	0,75	0,82	9,37	0,78	113	0,88
3	C	0,53	0,66	0,62	0,64	0,53	0,55	0,68	0,65	0,57	0,61	0,52	0,58	7,14	0,60	122	0,73
4	D	0,28	0,30	0,27	0,32	0,27	0,25	0,26	0,25	0,24	0,28	0,22	0,26	3,20	0,27	102	0,27
													Tiempo Básico de Ciclo		1,88		
													T.A.M A+B+C+D		1,88		
													T.M		-		
NOTA: \bar{X} = Promedio V= Valoración T.B= Tiempo Básico T.A.M= Tiempo Manual T.M= Tiempo Máquina																	

La Tabla 21 muestra los suplementos por descanso establecidos para la actividad de manualidades.

Tabla 21: Suplementos por descanso actividad manualidades [26].

SUPLEMENTOS POR DESCANSO		
Trabajador:	Hombre	
		%
Suplementos Constantes	Necesidades personales	5
	Básico por fatiga	4
Suplementos variables	Trabajo de pie	2
	Ruido	2
TOTAL		13

La Tabla 22 muestra el tiempo básico que es de 1,88 min, los suplementos calculados en la Tabla 21 que es del 13%, finalmente el tiempo estándar total es 2,12 min. En las dos últimas filas se muestra adicionalmente se en forma separada el tiempo de actividad y el de transporte.

Tabla 22: Tiempo estándar actividad manualidades

RESUMEN DE TIEMPOS (min)	
TIEMPO BÁSICO	1,88
Tiempo manual	1,88
Tiempo de máquina	-
Suplementos por descanso	0,13
TIEMPO ESTÁNDAR	2,12
<i>Tiempo estándar de la operación</i>	2,12
<i>Tiempo estándar de transporte</i>	0,39

4.4.3. Resultados del estudio de tiempos

En la Tabla 23 se presenta el resumen de todos los tiempos tomados para el caso de estudio, además se muestra el tiempo básico, tiempo manual, suplementos y el tiempo estándar para un lote de producción de 50 unidades. Para el caso de la actividad de manualidades se multiplica el tiempo estándar obtenido de 2,12 por 50, puesto que el tiempo calculado es para una unidad.

Tabla 23: Resultados del estudio de tiempos

Actividad	Tiempo Básico (TB)	Tiempo manual (T.A.M)	Tiempo de máquina (T.M)	Suplementos por descanso	Tiempo estándar de la operación	Tiempo estándar (min/lote)
Manualidades	1,88	1,88	-	13	2,12	106,00
Pesaje	7,94	7,94	-	13	8,97	8,97
Desengome	24,33	9,33	15,00	16	10,82	28,22
Stone	54,23	9,23	45,00	16	10,71	62,91
Teñido	32,26	12,26	20,00	16	14,22	37,42
Fijación	26,09	11,09	15,00	16	12,86	30,26
Suavizado	11,85	6,85	5,00	16	7,94	13,74
Centrifugado	7,44	2,44	5,00	16	2,84	8,64
Secado	46,79	1,79	45,00	16	2,08	54,28
Clasificación	8,20	8,20	-	13	9,26	9,26

En el estudio de tiempos realizado también se obtiene los tiempos de transporte que sirven para ingresarlos en el modelo de simulación, los mismos que se detallan en la Tabla 24.

Tabla 24: Tiempos de transporte entre áreas de trabajo

DESDE	HACIA	TIEMPO POR LOTE (min/lote)
Recepción	Manualidades	0,39
Manualidades	Pesaje	3,87
Pesaje	Desengome	2,88
Desengome	Stone	-
Stone	Teñido	-
Teñido	Fijación	-
Fijación	Suavizado	-
Suavizado	Centrifugado	0,28
Centrifugado	Secado	0,26
Secado	Clasificación	-
Clasificación	Terminado	3,94

4.4.4. Tiempos para la simulación

Tabla 25: Tiempos para la simulación.

Proceso	Actividad	Tiempo estándar (min)	Tiempo para la simulación (horas)
Manualidades - Pesaje	Manualidades	106,00	1.9162
	Pesaje	8,97	
Lavado – Centrifugado	Desengome	28,22	3.0198
	Stone	62,91	
	Teñido	37,42	
	Fijación	30,26	
	Suavizado	13,74	
	Centrifugado	8,64	
Secado - Clasificación	Secado	54,28	1.0590
	Clasificación	9,26	

En la Tabla 25 se muestran los tiempos que van a ser ingresados al simulador para obtener así datos más reales de los modelos a compararse, para esto se divide los procesos de acuerdo a las áreas en las que se trabaja dentro de la planta, estas son: Manualidades – Pesaje, Lavado – Centrifugado y Secado – Clasificación, para la simulación se suman los tiempos de cada actividad que se encuentran agrupadas, se los representa en horas puesto que son tiempos muy grandes.

4.5. Análisis y comparación de las estrategias de manufactura tipo pull

Los sistemas de control de la producción son medios a través de los cuales se controla en su totalidad la actividad productiva, con los años éstos se han ido desarrollado rápidamente, aunque originalmente eran considerados solo como una herramienta para ayudar a los supervisores de primera línea en su labor de control, con el paso del tiempo han pasado a ser utilizados por niveles organizacionales de nivel superior, que asumen la responsabilidad en todas las actividades de control.

En la actualidad, se reconoce como una de las claves para el correcto funcionamiento de las operaciones productivas y de la empresa en su conjunto, además que se considera como un proceso continuo y sistemático cuyo objetivo es optimizar el uso de los recursos productivos, generar beneficios como: la disminución de los costos de

producción, eliminación de desperdicios, reprocesos, entre otros, logrando así el aumento de la productividad [28].

Puesto que existen muchas posibles formas de afrontar los problemas de utilización efectiva de la capacidad y del movimiento de los inventarios de productos en curso, una de las más importantes cuestiones a resolver, sino la principal, de cualquier empresa manufacturera, es la de seleccionar e implementar los sistemas más apropiados de control de la producción, para cumplir con sus objetivos empresariales, teniendo en cuenta que estos deben evolucionar en tiempo atendiendo a su tecnología de fabricación, incluyendo tanto equipos como procesos, al continuo flujo de nuevos productos y al dinamismo del mercado [1].

Dentro de las estrategias de manufactura tipo pull para el control de la producción tenemos al Kanban, Conwip y DBR, que como se menciona en la literatura del marco teórico son los sistemas más utilizados por las empresas manufactureras en el mundo, además que son sistemas de fácil implementación y adaptación por parte del personal, presentan mejoras evidentes en los tiempos de procesamiento, producto o inventario en proceso y tasa de producción y finalmente reflejan un aumento de la productividad de las empresas.

La elección de uno u otro sistema depende del tipo de empresa y actividad productiva, la presente investigación se enfoca en las estrategias tipo Pull, debido a que la fabricación de los productos está en función de la demanda que es la que desencadena toda la actividad productiva.

La Tabla 26 muestra un resumen comparativo de los sistemas Kanban, Conwip y DBR en la que se describe la definición, característica principal, ventajas y desventajas de cada una las estrategias con el propósito de tener una mayor comprensión.

Tabla 26: Comparación de los sistemas Kanban, Conwip y DBR.

SISTEMA	DEFINICIÓN	CARACTERÍSTICA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
KANBAN	Es una estrategia de producción en la que se dan instrucciones de trabajo mediante tarjetas denominadas “Kanban”, a las distintas zonas o estaciones de trabajo	Controla la producción mediante la integración de los diferentes procesos y el desarrollo de un sistema JIT en la cual los materiales llegaran en el tiempo y cantidad requerida en las diferentes etapas de la fabrica	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce el WIP del sistema • Reduce de tiempos caídos. • Facilita el control de la producción. • Controla la utilización de la mano de obra. • Controla el emplazamiento de materiales. • Provee información rápida y precisa. • Evita sobreproducción. • Minimiza desperdicios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólo funciona bien en el contexto de un sistema justo a tiempo en general, y de la característica JIT de reducción del tiempo de preparación y del tamaño del lote, en particular • Únicamente se debe aplicar Kanban a las partes que se consumen el mismo día de su producción porque de lo contrario el WIP ocioso podría ser alto • Al usarlo en unidades muy costosas y/o muy grandes, el almacenamiento y manejo resulta costoso.
CONWIP	Es un sistema de control de producción cerrado que controla la cantidad de materiales que ingresan al sistema y únicamente permite una cantidad constante de materiales en proceso dentro del sistema.	El sistema CONWIP emplea tarjetas para controlar el nivel de inventario en proceso, las tarjetas son asignadas a cada pieza al comienzo de la línea de producción.	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de implementar en casi cualquier entorno de trabajo • Reduce el inventario y minimizar el costo del mismo • Aumenta el Throughput manteniendo un WIP constante. • Controla el emplazamiento de materiales. • Minimiza desperdicios 	<ul style="list-style-type: none"> • En algunos casos puede existir un aumento del WIP y del CT, cuando se manejan lotes de producción variantes, disminuyendo el TH haciendo que los pedidos no sean entregados a tiempo.

Tabla 26: Continuación.

SISTEMA	DEFINICIÓN	CARACTERÍSTICA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
DBR	<p>Es una estrategia de control de la producción basada en la Teoría de Restricciones, que controla el flujo de materiales a través de la planta con el fin de producir de acuerdo con la demanda del mercado, con un mínimo de tiempo de espera de fabricación, inventario y gastos operativos.</p>	<p>El principal recurso con restricción de capacidad es tratado como “el tambor” que es el que marcará la velocidad de producción, se establece un amortiguador cuya función es alimentar al tambor para que este un no se quede sin producir, además se enfatiza el uso de la cuerda que es el mecanismo que desencadena la entrada de material al sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Permite la reducción de inventarios. • Mejora la entrega de producto a tiempo. • Mejora el flujo de producción • Mejora la gestión de los materiales que ingresan al sistema de producción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Su implementación y ejecución se puede tornar complejo cuando existan muchas restricciones o cuellos de botella presentes en el proceso.

4.6. Simulación de las estrategias de control de la producción

Como se menciona en la fundamentación teórica la simulación es una representación ficticia de la realidad, la cual permite tener una idea del comportamiento de un modelo de producción si se lo aplicaría de manera práctica, teniendo en cuenta que se pueden realizar un sin número de ensayos, cambios y consideraciones para obtener un mejor resultado, sin que esto resulte costoso, tome demasiado tiempo o incluso sea imposible realizarlo en la realidad. Además, se puede señalar que la simulación es una herramienta de análisis de sistemas complejos o experimentales, que permite obtener resultados concretos con la finalidad de comprender a fondo el comportamiento de los mismos, facilitando la toma de decisiones de cuál es el mejor escenario u modelo a implementarse.

El objetivo principal de la simulación en la presente investigación es poder determinar una estrategia de manufactura idónea u acorde a la actividad productiva de la fábrica en estudio, para lo cual se han determinado tres estrategias a compararse: **Kanban**, **Conwip** y **DBR**. Mediante la utilización de parámetros de producción como el tiempo de ciclo **CT**, el inventario en proceso **WIP** y la tasa de producción de unidades vendibles **TH**, se realiza un análisis comparativo para determinar la estrategia más adecuada a utilizarse.

4.6.1. Información preliminar

Para la Simulación del proceso de Manufactura se utiliza el programa Promodel® 7.0 versión estudiantil que dispone de hasta 20 locaciones, 8 tipos de entidades, 8 tipos de recursos, 5 atributos y 15 parámetros diferentes para proceso, estos parámetros se visualizan al iniciar el programa [23].

4.6.2. Simulación modelo actual

Para realizar el análisis comparativo de las estrategias Kanban, Conwip y DBR es necesario primero establecer un escenario de la situación actual del proceso en estudio, con la finalidad de determinar los parámetros de producción actuales, para lo cual se desarrolla un modelo de simulación como se muestra en la Figura 31.

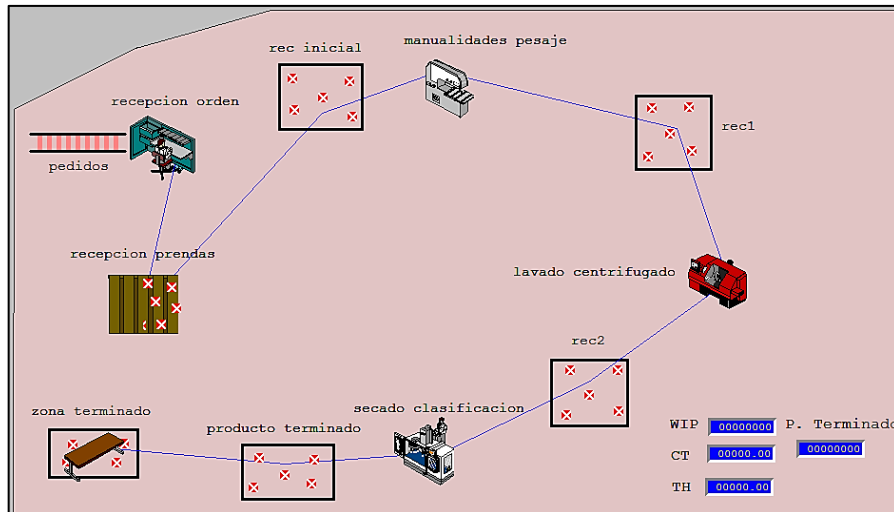


Figura 31. Esquema gráfico del modelo actual.

En la Figura 32 se muestran los resultados de la simulación para un tiempo de trabajo de 40 horas, en donde se observa un WIP promedio de 19 lotes, un tiempo de ciclo promedio CT de 15,93 horas/lote, una tasa de producción promedio TH de 1,19 lotes/hora y la cantidad de producto terminado de 43 lotes, los parámetros obtenidos son de gran importancia para la comparación y selección de la estrategia de manufactura más adecuada.

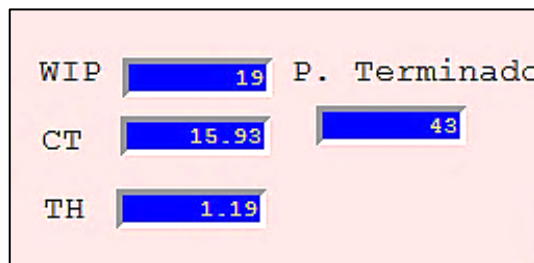


Figura 32. Resultados modelo actual.

4.6.3. Simulación modelo Kanban

Para realizar la simulación de este modelo antes es necesario tener claro el concepto del Kanban, como una herramienta que facilita el control del material en toda la línea de manufactura, además que tiene como función principal el control de la producción en sí.

Kanban es un sistema de control de la producción que representa el uso tarjetas en las cuales están detalladas las actividades a realizarse y toda la información necesaria que el operario debe saber sobre el proceso de fabricación del producto en cada estación de

trabajo, en la Figura 33 se muestra una representación del sistema Kanban en una línea de producción.

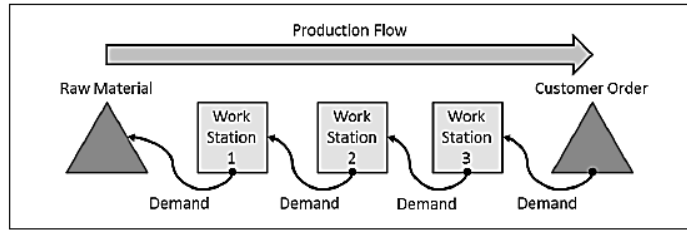


Figura 33. Representación del sistema Kanban [14].

Como se observa en la figura anterior la demanda es quien desencadena la orden de producción hacia todas las estaciones de trabajo haciendo que se generen ordenes de producción o Kanbans entre cada estación para que se pueda ejecutar la producción. Para el modelo de simulación se ingresan los siguientes parámetros:

Locaciones

Las locaciones ingresadas son las áreas de manualidades-pesaje, lavado-centrifugado, secado-clasificación, zona terminado, recepción prendas, recepción orden, recepción manualidades, recepción lavado, recepción secado y pedidos, adicional se crean se crean 6 zonas de almacenaje temporal que permiten conocer cuántas unidades se quedan en proceso luego de un turno de trabajo, y saber en qué proceso se genera mayor acumulación de inventario, las locaciones y sus capacidades se muestran en la Figura 34.

***** Locations *****					
Name	Cap	Units	Stats	Rules	Cost
lavado_centrifugado	8	1	Time Series	Oldest.	.
secado_clasificacion	5	1	Time Series	Oldest.	.
manualidades_pesaje	3	1	Time Series	Oldest.	.
zonamat_2	5	1	Time Series	Oldest.	.
zonamat_3	5	1	Time Series	Oldest.	.
zonamat_4	5	1	Time Series	Oldest.	.
producto_terminado	5	1	Time Series	Oldest.	.
zonapt_2	5	1	Time Series	Oldest.	.
zonapt_3	5	1	Time Series	Oldest.	.
recepcion_prendas	INFINITE	1	Time Series	Oldest.	.
zona_terminado	INFINITE	1	Time Series	Oldest.	.
recepcion_orden	INFINITE	1	Time Series	Oldest.	.
recepcion_secado	INFINITE	1	Time Series	Oldest.	.
recepcion_lavado	INFINITE	1	Time Series	Oldest.	.
recepcion_manualidades	INFINITE	1	Time Series	Oldest.	.
pedidos	5	1	Time Series	Oldest.	FIFO.

Figura 34. Locaciones modelo Kanban

Entidades

Se ingresan 5 entidades, pantalón que representa el producto en proceso, pedido que hace referencia a los pedidos de producción y adicionalmente 3 entidades orden_lav_cen, orden_man_pes y orden_sec_cla que son las ordenes de producción o kanbans de cada estación, estas entidades se indican en la Figura 35.

```

*****
*                               Entities                               *
*****
Name          Speed (fpm)  Stats          Cost
-----
orden_lav_cen 150         Time Series
orden_man_pes 150         Time Series
orden_sec_cla 150         Time Series
pedido        50          Time Series
pantalón     150         Time Series
  
```

Figura 35. Entidades modelo Kanban

Arribos

Las características de los arribos de cada entidad se definen en la Figura 36 de la siguiente manera:

Las entidades pantalón y pedido arriban al sistema con una frecuencia Uniforme entre 20 y 120 min, este dato se calcula mediante la utilización de la herramienta Stat:Fit de Promodel con una muestra de 50 datos que se detalla en la Tabla 27.

Adicionalmente la Figura 37 muestra la gráfica de la distribución resultante con un porcentaje de aceptación del 100%; el número de ocurrencias es 100 ya que se simula para un tiempo de 40 horas es decir una semana de trabajo.

```

*****
*                               Arrivals                               *
*****
Entity  Location          Qty Each  First Time Occurrences  Frequency  Logic
-----
pantalón  recepción_prendas  1         0         100         U(20.0, 120)
pedido   pedidos            1         0         100         U(20.0, 120)
  
```

Figura 36. Arribos modelo Kanban

Tabla 27: Arribos de pedidos

N°	Arribo (min)	N°	Arribo (min)	N°	Arribo (min)	N°	Arribo (min)	N°	Arribo (min)
1	35	11	47	21	108	31	88	41	108
2	45	12	116	22	85	32	70	42	78
3	78	13	102	23	54	33	26	43	39
4	84	14	54	24	95	34	54	44	20
5	26	15	64	25	72	35	25	45	84
6	115	16	63	26	102	36	118	46	26
7	105	17	83	27	51	37	79	47	105
8	41	18	57	28	76	38	30	48	89
9	30	19	101	29	39	39	34	49	98
10	60	20	120	30	47	40	98	50	32

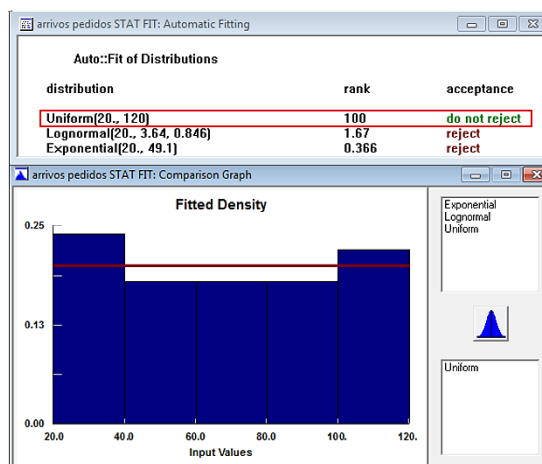


Figura 37: Resultados de la distribución utilizando la herramienta Stat Fit.

Redes de trayectoria

Se genera una red de movimientos denominada Net1, donde recorren los 3 operarios establecidos como recursos para este modelo, haciendo coincidir cada una de las locaciones con un nodo de la red mediante interconexiones o interfaces, este detalle se indica en la Figura 38.

```

*****
*                               Path Networks                               *
*****
Name      Type      T/S      From      To      BI      Dist/Time  Speed Factor
-----
Net1      Passing    Speed & Distance
          N1      N2      Bi      15.00    1
          N6      N7      Bi      2.00    1
          N8      N9      Bi      2.00    1
          N10     N11     Bi      2.00    1
          N12     N10     Bi      4.20    1
          N7      N15     Bi      2.00    1
          N11     N16     Bi      2.00    1
          N9      N17     Bi      2.00    1
          N15     N18     Bi      25.20   1
          N16     N8      Bi      13.00   1
          N17     N6      Bi      5.00    1
          N1      N4      Bi      13.00   1
          N1      N13     Bi      13.00   1
          N11     N1      Bi      15.00   1
          N7      N5      Bi      15.00   1
          N2      N7      Bi      2.00    1
          N11     N13     Bi      2.00    1
          N9      N5      Bi      18.00   1
          N9      N4      Bi      2.00    1

```

Figura 38. Trayectorias modelo Kanban

Cada una de las rutas tiene definido sus nodos como se observa en la programación de la Interfaces de la Figura 39.

```

*****
*                               Interfaces                               *
*****
Net      Node      Location
-----
Net1     N1      recepcion_orden
          N2      recepcion_secado
          N4      recepcion_lavado
          N6      zonamat_4
          N7      secado_clasificacion
          N8      zonamat_3
          N9      lavado_centrifugado
          N10     zonamat_2
          N11     manualidades_pesaje
          N12     recepcion_prendas
          N13     recepcion_manualidades
          N15     producto_terminado
          N16     zonapt_2
          N17     zonapt_3
          N18     zona_terminado

```

Figura 39: Interfaces modelo Kanban.

En cada uno de los desplazamientos se toma en cuenta las distancias medidas en la planta entre los diferentes puestos de trabajo.

Recursos

Para este modelo se considera como recursos del sistema a 3 operarios, los cuales se detallan en la Figura 40, los mismos que se desplazaran por la red creada y descrita en la Figura 38.

```

*****
*                               Resources                               *
*****
Name      Units  Stats      Res      Ent      Path      Motion      Cost
-----
operario1 1      By Unit  Closest  Oldest  Net1      Empty: 150 fpm
                               Home: N11  Full: 150 fpm
                               (Return)
operario2 1      By Unit  Closest  Oldest  Net1      Empty: 150 fpm
                               Home: N9   Full: 150 fpm
                               (Return)
operario3 1      By Unit  Closest  Oldest  Net1      Empty: 150 fpm
                               Home: N7   Full: 150 fpm
                               (Return)

```

Figura 40. Recursos modelo Kanban.

En las especificaciones (Specifications) se define los desplazamientos de cada operario, el Home como N11 en el caso del operario 1, ya que es el lugar donde realiza su trabajo. Ver Figura 41.

Figura 41. Specifications

Atributos

Se utilizan dos atributos, de tipo números reales definidas como t_entrada y t_salida, en los que se guardaran los tiempos en los cuales las entidades ingresen y salen del sistema como se indica en la Figura 42.

```

*****
*                               Attributes                               *
*****
ID      Type      Classification
-----
t_entrada  Real      Entity
t_salida  Real      Entity

```

Figura 42. Atributos modelo Kanban.

Variables

Se genera un total de 9 variables como se muestra en la Figura 43, para medir el tiempo de ciclo (CT), inventarios en proceso (WIP) y Throughput (TH), analizados con la Ley de Little, las que permiten evidenciar numéricamente a través de una ventana en la interface gráfica el incremento o decremento de cada una de ellas durante la simulación; las variables `kanban_manualidades`, `kanban_lavado`, `kanban_secado` y `kanban_total` permiten conocer el número de tarjetas presentes en la simulación, además mediante `p_terminado` se conoce el número de productos terminados que salen del sistema. El tipo de variable real o entera se la define antes de la simulación.

```

*****
*                               Variables <global>                               *
*****

```

ID	Type	Initial value	Stats
<code>th</code>	Real	0	Time Series
<code>kanban_manualidades</code>	Integer	0	Time Series
<code>kanban_lavado</code>	Integer	0	Time Series
<code>kanban_secado</code>	Integer	0	Time Series
<code>ordenes</code>	Integer	0	Time Series
<code>wip</code>	Integer	0	Time Series
<code>ct</code>	Real	0	Time Series
<code>kanban_total</code>	Integer	0	Time Series
<code>P_TERMINADO</code>	Integer	0	Time Series

Figura 43. Variables modelo Kanban

Subrutinas

Se crean dos subrutinas denominadas `cal_th` y `sub_wip`, la primera calcula el TH mediante la división entre el WIP y el CT si el tiempo de ciclo es diferente de cero, de lo contrario hace el TH cero, debido que el tiempo de ciclo sólo se calcula cuando haya salido la primera entidad (pantalón) del sistema; la segunda determina el WIP mediante la suma de las unidades presentes en cada estación de trabajo y las zonas establecidas. La programación de las mismas para cada entidad se muestra en la Figura 44.

```

*****
*                               Subroutines                               *
*****

```

ID	Type	Parameter	Type	Logic
<code>cal_th</code>	None			<pre> IF <ct <> 0> THEN < th = wip/ct > ELSE th = 0 </pre>
<code>sub_wip</code>	None			<pre> wip = CONTENTS(zonamat_4) + CONTENTS(zonamat_3) + CONTENTS(secado_clasificacion) + CONTENTS(zonamat_2) + CONTENTS(lavado_centrifugado) + CONTENTS(manualidades_pesaje) </pre>

Figura 44. Subrutinas modelo Kanban.

Procesos

Para definir los procesos, se ingresa datos tales como: entidad de entrada, entidad de salida, locación de entrada y salida, ruta, lógica de movimientos. La programación de los procesos se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28: Proceso modelo Kanban

Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rule	Move Logic
pedido	pedidos	sub_wip() cal_th()	pedido	recepcion_orden	FIRST 1	
pedido	recepcion_orden	sub_wip() cal_th()	orden_lav_cen orden_man_pes orden_sec_cla	recepcion_lavado recepcion_manualidades recepcion_secado	FIRST 1 FIRST 2 FIRST 3	MOVE WITH operario1 THEN FREE MOVE WITH operario2 THEN FREE MOVE WITH operario3 THEN FREE
pantalón	recepcion_prendas	sub_wip() t_entrada = CLOCK(HR) cal_th()	pantalón	zonamat_2	FIRST 1	MOVE WITH operario1 THEN FREE
pantalón	zonamat_2	sub_wip() cal_th()	pantalón	manualidades_pesaje	FIRST 1	MOVE WITH operario1 FOR 4.26 MIN THEN FREE
pantalón	manualidades_pesaje	WAIT 1.9162 HR GRAPHIC 2 sub_wip() INC kanban_manualidades cal_th()	pantalón	zonapt_2	FIRST 1	MOVE WITH operario2 THEN FREE
orden_man_pes	recepcion_manualidades	sub_wip() cal_th()	orden_man_pes	EXIT	FIRST 1	
pantalón	zonapt_2	sub_wip() cal_th()	pantalón	zonamat_3	FIRST 1	MOVE WITH operario2 THEN FREE
pantalón	zonamat_3	sub_wip() cal_th()	pantalón	lavado_centrifugado	FIRST 1	MOVE WITH operario2 FOR 2.88 MIN THEN FREE
pantalón	lavado_centrifugado	WAIT 3.0198 HR GRAPHIC 3 sub_wip() INC kanban_lavado cal_th()	pantalón	zonapt_3	FIRST 1	MOVE WITH operario2 THEN FREE

Tabla 28: Continuación

Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rule	Move Logic
orden_lav_cen	repcion_lavado	sub_wip() cal_th()	orden_lav_cen	EXIT	FIRST 1	
pantalón	zonapt_3	sub_wip() cal_th()	pantalón	zonamat_4	FIRST 1	MOVE WITH operario3 FOR 0.54 MIN THEN FREE
pantalón	zonamat_4	sub_wip() cal_th()	pantalón	secado_clasificacion	FIRST 1	MOVE WITH operario3 THEN FREE
pantalón	secado_clasificacion	WAIT 1.059 HR GRAPHIC 4 sub_wip() INC kanban_secado cal_th()	pantalón	producto_terminado	FIRST 1	MOVE WITH operario3 THEN FREE
orden_sec_cla	repcion_secado	sub_wip() cal_th()	orden_sec_cla	EXIT	FIRST 1	
pantalón	producto_terminado	sub_wip() cal_th()	pantalón	zona_terminado	FIRST 1	MOVE WITH operario3 FOR 3.94 MIN THEN FREE
pantalón	zona_terminado	sub_wip() t_salida = CLOCK(HR) ct = t_salida - t_entrada kanban_total = kanban_manualidades + kanban_lavado + kanban_secado INC P_TERMINADO cal_th()	pantalón	EXIT	FIRST 1	
pedido	repcion_orden		pedido	EXIT	FIRST 1	

Diagrama de flujo modelo Kanban

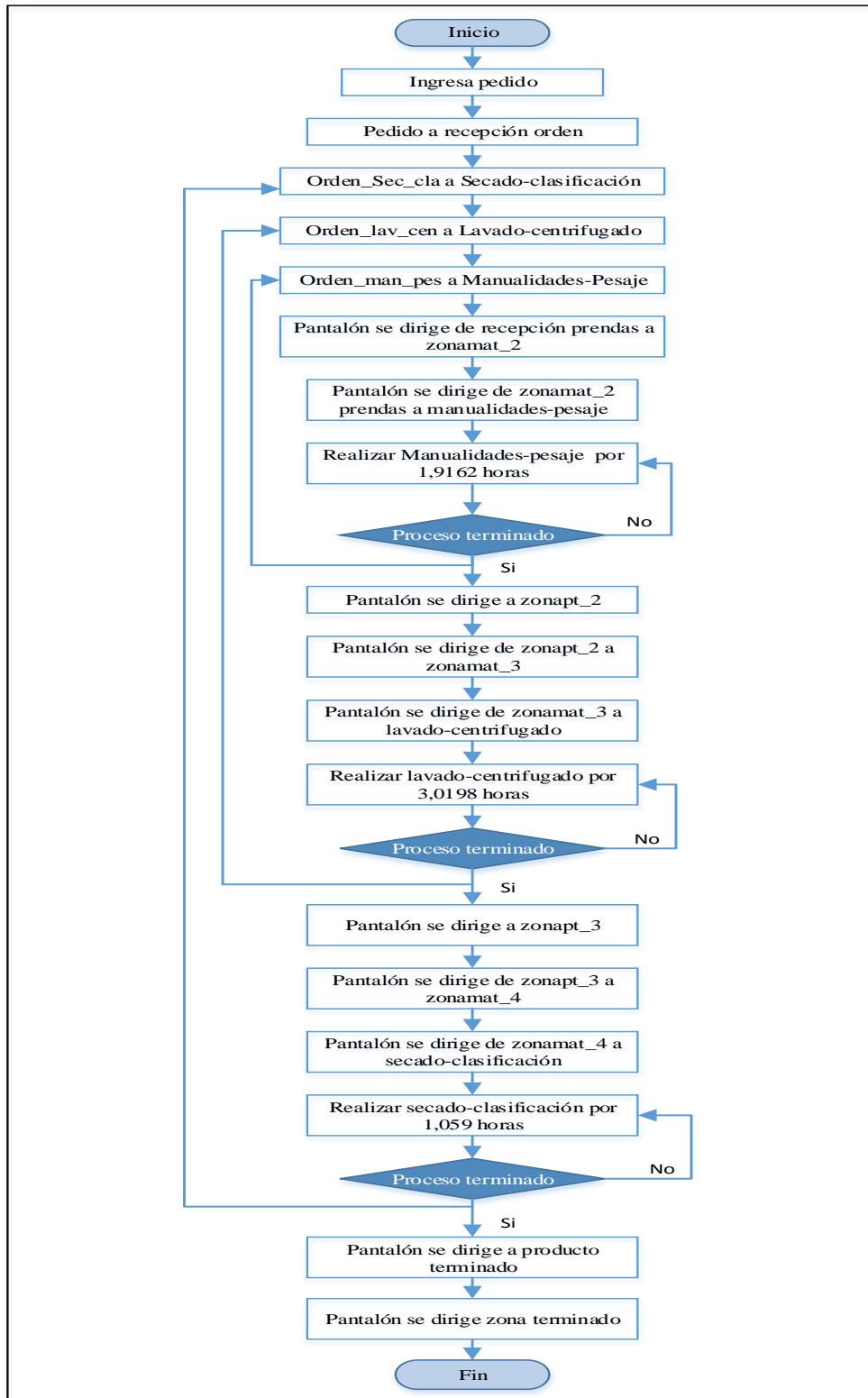


Figura 45. Diagrama de flujo del proceso para el modelo Kanban

El proceso se define de la siguiente forma:

- La entidad pedido parte desde la locación *pedidos* hasta *recepción de orden*, desde la cual se despachan las órdenes de producción (kanbans): *orden_man_pes*, *orden_lav_cen* y *orden_sec_cla* a *recepcion_manualidades*, *recepcion_lavado* y *recepcion_secado* respectivamente, una vez determinada la orden de producción se inicia el proceso.
- La entidad *pantalón* sale desde *recepción prendas* hacia la *zonamat_2* trasladada por el operario 1, a la vez se inicia $t_{entrada} = CLOCK (HR)$ y se determina el WIP mediante *sub_wip*.
- Luego *pantalón* sale de la *zonamat_2* hacia *manualidades_pesaje*, en la cual se procesa por un tiempo de 1.9162 horas, se establece el *sub_wip*, se contabiliza el número de kanbans de esa estación mediante la instrucción *INC kanban_manualidades*, además que se cambia el gráfico del pantalón mediante *GRAPHIC 2*.
- Una vez terminado el proceso manualidades-pesaje el *pantalón* pasa a *zonapt_2* y sale del sistema *orden_man_pes*, dejando libre esa estación para que se genere la siguiente orden de producción.
- El *pantalón* se traslada de la *zonapt_2* hacia la *zonamat_3* mediante el operario 2, luego pasa a la locación de *lavado-centrifugado*, en la cual se procesa por 3.0198 horas, se determina el WIP, el número de *kanban_lavado* y se cambia el gráfico mediante *GRAPHIC 3*.
- Terminado el proceso lavado-centrifugado, *pantalón* se dirige hacia *zonapt_3* y sale del sistema *orden_lav_cen*, dejando libre la estación para que se genere la siguiente orden de producción.
- Luego *pantalón* se dirige de *zonapt_3* a *zonamat_4*, mediante el operario 3, luego pasa a *secado-centrifugado*, se procesa por 1.059 horas, se determina el WIP, el número de *kanban_secado* y se cambia a *GRAPHIC 4*.

- Concluido el proceso secado-clasificación, el *pantalón* se dirige a *producto_terminado* y sale del sistema *orden_sec_cla*, dejando libre la estación para la siguiente orden de producción.
- Finalmente la entidad *pantalón* se dirige hacia *zona_terminado* y sale del sistema, además que se determina el tiempo de salida mediante $t_{salida} = CLOCK (HR)$, se calcula el tiempo de ciclo mediante $ct = t_{salida} - t_{entrada}$, el número de kanbans del sistema mediante $kanban_{total} = kanban_{manualidades} + kanban_{lavado} + kanban_{secado}$, el cantidad de productos procesados mediante $INC P_TERMINADO$, el Throughput mediante la subrutina *cal_th*, además que sale del sistema la entidad pedido correspondiente al lote producido.

El proceso se repite cada vez que ingrese un pedido al sistema y se liberen las órdenes de producción (Kanbans) hacia las estaciones de trabajo, cabe recalcar que el trabajo se realiza una vez que se genera una orden. En la Figura 46 se muestra la interfaz de la simulación del modelo propuesto.

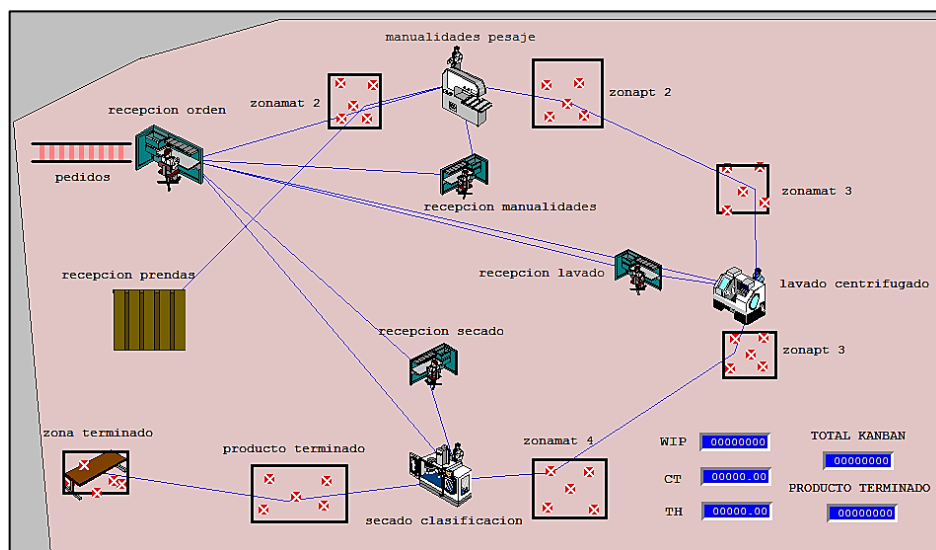


Figura 46. Esquema gráfico del Modelo Kanban

Resultados con el simulador

Para efectos de este estudio se determina los parámetros básicos de producción para una semana de trabajo (40 horas), además se trabaja dentro de los procesos con lotes de 50 unidades para pasar de un proceso a otro. Estos son:

El **CT** o tiempo de ciclo ya que, si se incrementa el mismo, provoca retraso en la entrega de los pedidos.

EL **WIP** o inventarios en proceso, el objetivo es mantenerlo constante dentro del sistema, ya que si se incrementa, provoca acumulación de inventario en proceso, lo que genera costos innecesarios y si se reduce hace que disminuya el Throughput TH , no logrando con esto el objetivo que es entregar los productos a tiempo.

El **TH** o Throughput que son las unidades vendibles o inventario en bodega de producto terminado, el objetivo es cumplir con la meta establecida y los pedidos pendientes y en el mejor de los casos incrementarlo sin necesidad de aumentar el tiempo de ciclo.

Luego de la simulación los resultados que se obtienen son los siguientes:

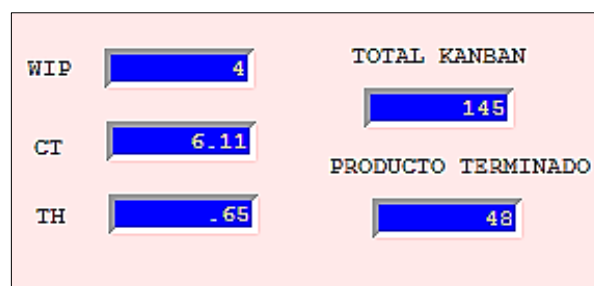


Figura 47. Resultados de la simulación del modelo Kanban

Tabla 29: Resumen de resultados de la simulación del modelo Kanban

Parámetros	Valor	Unidades
WIP	4	Lotes
CT	6.11	Horas
TH	0.65	Lotes/Hora
Total Kanban	145	Ordenes
Producto Terminado	48	Lotes

En la Tabla 29 se expresa los parámetros de producción obtenidos en la simulación, estas operaciones se las realiza utilizando las ecuaciones explicadas en el fundamento teórico.

Los resultados se explican a continuación:

TH simulación

De acuerdo a los resultados obtenidos, la tasa de producción actual es de 0,65 lotes/hora, lo que implica que en 1 hora se producirán 33 pantalones y en una jornada de trabajo de 8 horas, se podrán producir 260 pantalones. En la Figura 48 se muestra el comportamiento del TH a lo largo de la simulación.

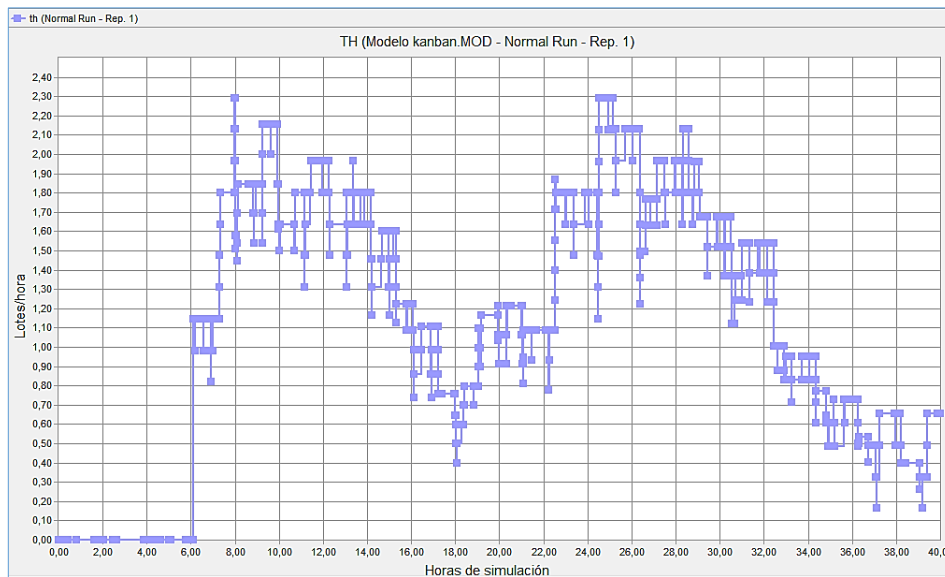


Figura 48. Gráfico del TH modelo Kanban

En la Figura 48 se observar el TH generado en el tiempo de simulación, donde se puede notar que se obtiene un valor máximo de 2,30 lotes/hora y un mínimo de 0,15 lotes/hora a lo largo de las 40 horas de trabajo, la variabilidad mostrada corresponde a que en los tiempos de simulación se generan diferentes valores de WIP y CT.

CT Simulación

El tiempo de ciclo promedio actual para la simulación que corresponde a una jornada de 40 horas, es 6.11 horas. En la Figura 49 se muestra el comportamiento del CT a lo largo de la simulación, denotándose una variabilidad que corresponde a las salidas de los lotes terminados de acuerdo al tiempo que se tarda el producto en pasar por cada uno de los procesos de producción.

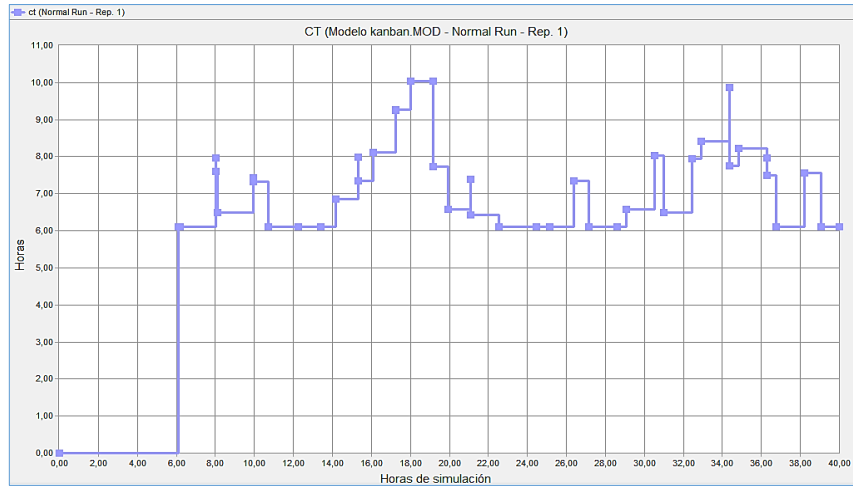


Figura 49. Gráfico del CT modelo Kanban

En la Figura 49 se observa el comportamiento del CT a lo largo de la simulación, obteniendo un valor máximo de 10 horas y un mínimo de 6,11 horas en los que un lote de producción sale del sistema.

WIP simulación

Para un tiempo de ciclo de 6,11 horas se genera un inventario en proceso de 4 lotes es decir 200 pantalones, en la Figura 50 se muestra el WIP a lo largo de la simulación.

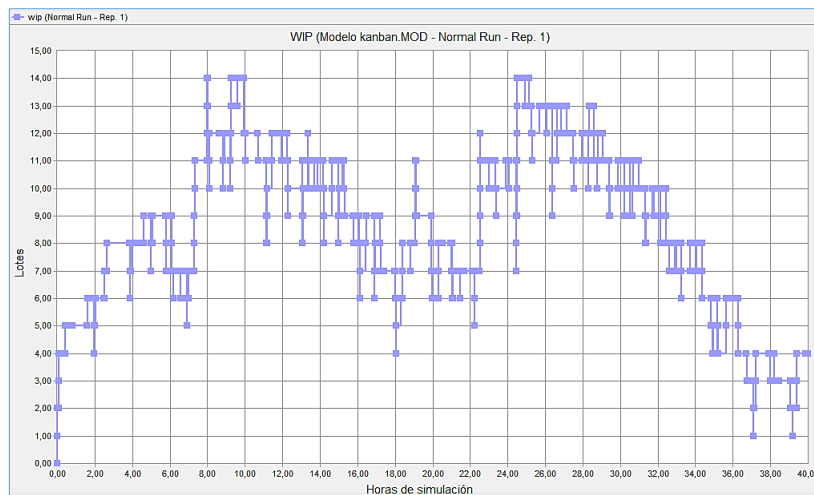


Figura 50. Gráfico WIP modelo Kanban.

En la Figura 50 se observa la tendencia del WIP durante la simulación, donde se obtiene un máximo de 14 lotes y un mínimo de 1 lote, además se puede notar una gran variabilidad del inventario en proceso existente en el modelo Kanban.

La Figura 51 muestra el reporte de Promodel de la simulación en la cual se puede notar el comportamiento de las variables de simulación, además se observa el número de Kanban generados para cada estación de trabajo, así como también la cantidad de producto terminado obtenido al cabo de las 40 horas de simulación.

General Report (Normal Run - Rep. 1)						
modelo kanban.MOD (Normal Run - Rep. 1)						
Name	Total Changes	Avg Time Per Change (MIN)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value
th	870,00	2,75	0,00	2,29	0,65	1,13
kanban manualidades	50,00	46,99	0,00	50,00	50,00	26,38
kanban lavado	48,00	47,45	0,00	48,00	48,00	22,61
kanban secado	48,00	48,82	0,00	48,00	48,00	21,30
ordenes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
wip	870,00	2,75	0,00	14,00	4,00	8,65
ct	48,00	48,85	0,00	10,04	6,11	5,88
kanban total	48,00	48,85	0,00	145,00	145,00	68,13
P TERMINADO	48,00	48,85	0,00	48,00	48,00	21,28

Figura 51. Reporte general de las variables de simulación

4.6.4. Simulación modelo Conwip

Para el caso de la simulación del modelo Conwip se debe tener claro que, al igual que el modelo Kanban, se utilizan tarjetas de producción, las cuales se asocian a las órdenes de trabajo a lo largo de la línea de producción, en lugar de a cada estación de trabajo como ocurre con el modelo Kanban. La tarjeta Conwip se asocia a la orden entrante de trabajo y acompaña a ésta hasta su terminación, en la Figura 52 se muestra una representación del sistema Conwip en una línea de producción.

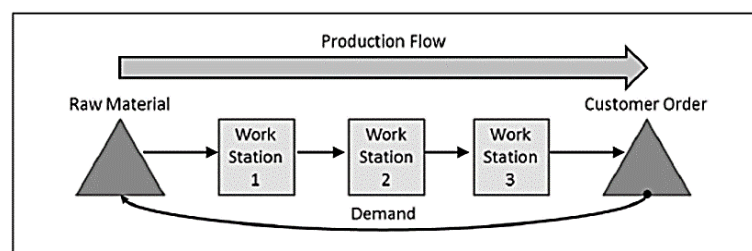


Figura 52. Representación del sistema Conwip [14].

Como se observa en la Figura 50 la demanda es quien desencadena la orden de producción, generando un Conwip al inicio del proceso el cual se asocia al lote de producción a lo largo de las estaciones de trabajo. Para el modelo de simulación se ingresan los siguientes parámetros:

Locaciones

Las locaciones ingresadas son las áreas de manualidades-pesaje, lavado-centrifugado, secado-clasificación, zona terminado, recepción prendas, recepción orden y pedidos, adicional se crean se crean 6 zonas de almacenaje temporal que permiten conocer cuántas unidades se quedan en proceso luego de un turno de trabajo, y saber en qué proceso se genera mayor acumulación de inventario, las locaciones y sus capacidades como se muestra en la Figura 53.

```

*****
*                               Locations                               *
*****
Name          Cap      Units  Stats      Rules      Cost
-----
lavado_centrifugado  8        1  Time Series Oldest, ,
secado_clasificacion 5        1  Time Series Oldest, ,
manualidades_pesaje  3        1  Time Series Oldest, ,
zonamat_2         5        1  Time Series Oldest, ,
zonamat_3         5        1  Time Series Oldest, ,
zonamat_4         5        1  Time Series Oldest, ,
producto_terminado  5        1  Time Series Oldest, ,
zonapt_2          5        1  Time Series Oldest, ,
zonapt_3          5        1  Time Series Oldest, ,
recepcion_prendas  INFINITE 1  Time Series Oldest, ,
zona_terminado    INFINITE 1  Time Series Oldest, ,
recepcion_orden   INFINITE 1  Time Series Oldest, ,
pedidos           5        1  Time Series Oldest, FIFO,
  
```

Figura 53. Locaciones modelo Conwip.

Entidades

Se ingresan 3 entidades, *pantalón* que representa el producto en proceso, *pedido* que hace referencia a los pedidos de producción y *orden_produccion* que representa la tarjeta Conwip la cual es asociada a cada lote de producción a lo largo de la línea de manufactura, estas entidades se indican en la Figura 54.

```

*****
*                               Entities                               *
*****
Name          Speed <fpm>  Stats      Cost
-----
orden_produccion 150          Time Series
pedido           50          Time Series
pantalon        150          Time Series
  
```

Figura 54. Entidades modelo Conwip.

Arribos

Las características de los arribos de cada entidad se definen en la Figura 55 de la siguiente manera: pantalón y pedido arriban al sistema con una frecuencia Uniforme

entre 20 y 120 min; el número de ocurrencias es 100 ya que se simula para un tiempo de 40 horas es decir una semana de trabajo.

```

*****
*                               Arrivals                               *
*****
Entity  Location      Qty Each  First Time  Occurrences  Frequency  Logic
-----  -
pantalon  recepcion_prendas  1         0           100          U<20.0, 120>
pedido   pedidos            1         0           100          U<20.0, 120>

```

Figura 55. Arribos modelo Conwip.

Redes de trayectoria

Se genera una red de movimientos donde recorren los 3 operarios, haciendo coincidir cada una de las locaciones con un nodo de la red mediante interconexiones o interfaces, este detalle se indica en la Figura 56.

```

*****
*                               Path Networks                          *
*****
Name     Type      T/S           From  To  BI  Dist/Time  Speed Factor
-----  -
RUTA_2   Passing   Speed & Distance
          N6      N7      Bi  2.00      1
          N8      N9      Bi  2.00      1
          N10     N11     Bi  2.00      1
          N12     N10     Bi  4.20      1
          N7      N15     Bi  2.00      1
          N11     N16     Bi  2.00      1
          N9      N17     Bi  2.00      1
          N15     N18     Bi  25.20     1
          N16     N8      Bi  13.00     1
          N17     N6      Bi  5.00      1
          N1     N10     Bi  27.33     1
          N1     N12     Bi  22.80     1

```

Figura 56. Trayectorias modelo Conwip.

Cada una de las rutas tiene definido sus nodos como se observa en la programación de la Interfaces de la Figura 57.

```

*****
*                               Interfaces                              *
*****
Net      Node      Location
-----  -
RUTA_2  N6         zonamat_4
          N7         secado_clasificacion
          N8         zonamat_3
          N9         lavado_centrifugado
          N10        zonamat_2
          N11        manualidades_pesaje
          N12        recepcion_prendas
          N15        producto_terminado
          N16        zonapt_2
          N17        zonapt_3
          N18        zona_terminado
          N1         recepcion_orden

```

Figura 57. Interfaces modelo Conwip.

En cada uno de los desplazamientos se toma en cuenta las distancias medidas en la planta entre los diferentes puestos de trabajo.

Recursos

Para este modelo se considera como recursos del sistema a 3 operarios, los cuales se detallan en la Figura 58, los mismos que se desplazaran por la red creada y descrita en la Figura 57.

```

*****
*                               Resources                               *
*****
Name      Units  Stats      Res      Ent      Path      Motion      Cost
-----  -
operario1 1      By Unit  Closest Oldest  RUTA_2      Empty: 150 fpm
                               Home: N11    Full: 150 fpm
                               (Return)
operario2 1      By Unit  Closest Oldest  RUTA_2      Empty: 150 fpm
                               Home: N9     Full: 150 fpm
                               (Return)
operario3 1      By Unit  Closest Oldest  RUTA_2      Empty: 150 fpm
                               Home: N7     Full: 150 fpm
                               (Return)

```

Figura 58. Recursos modelo Conwip.

Atributos

Se utilizan dos atributos, de tipo números reales definidas como t_entrada y t_salida, en los que se guardaran los tiempos en los cuales las entidades ingresen y salen del sistema como se indica en la Figura 59.

```

*****
*                               Attributes                               *
*****
ID        Type      Classification
-----  -
t_entrada Real      Entity
t_salida  Real      Entity

```

Figura 59. Atributos modelo Conwip.

Variables

Se genera un total de 5 variables como se muestra en la Figura 60 para medir el tiempo de ciclo (CT), inventarios en proceso (WIP) y Throughput (TH), analizados con la Ley de Little, las que permiten evidenciar numéricamente a través de una ventana en la interface gráfica el incremento o decremento de cada una de ellas durante la simulación; la variable ordenes permiten conocer el número de tarjetas Conwip presentes en la simulación, además mediante p_terminado se conoce el número de productos

terminados que salen del sistema. El tipo de variable real o entera se la define antes de la simulación.

```

*****
*                               Variables (global)                               *
*****
ID          Type          Initial value  Stats
-----
th          Real          0             Time Series
ordenes    Integer       0             Time Series
wip        Integer       0             Time Series
P_TERMINADO Integer       0             Time Series
ct         Real          0             Time Series

```

Figura 60. Variables modelo Conwip.

Subrutinas

Se crean dos subrutinas denominadas cal_th y sub_wip, la primera calcula el TH mediante la división entre el WIP y el CT si el tiempo de ciclo es diferente de cero, de lo contrario hace el TH cero, debido que el tiempo de ciclo sólo se calcula cuando haya salido la primera entidad (pantalón) del sistema; la segunda determina el WIP mediante la suma de las entidades presentes en cada estación de trabajo y las zonas establecidas.

La programación de las mismas para cada entidad se muestra en la Figura 61.

```

*****
*                               Subroutines                               *
*****
ID          Type          Parameter  Type          Logic
-----
cal_th     None
           IF <ct <> 0> THEN
           <
           th = wip/ct
           >
           ELSE
           th = 0
           wip = CONTENTS<zonomat_4> + CONTENTS<zonomat_3>
           + CONTENTS<secado_clasificacion>
           + CONTENTS<zonomat_2> + CONTENTS<lavado_centrifugado>
           + CONTENTS<manualidades_pesaje>
           sub_wip  None

```

Figura 61. Subrutinas modelo Conwip.

Procesos

Para definir los procesos, se ingresa datos tales como: entidad de entrada, entidad de salida, locación de entrada y salida, ruta, lógica de movimientos. La programación de los procesos se muestra en la Tabla 30.

Tabla 30: Proceso modelo Conwip

Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rule	Move Logic
Pedido	pedidos	sub_wip() cal_th()	pedido	recepcion_orden	FIRST 1	
orden_produccion	recepcion_orden	sub_wip() cal_th()	orden_produccion	recepcion_prendas	FIRST 1	MOVE WITH operario1 THEN
pantalón	recepcion_prendas	sub_wip() t_entrada = CLOCK(HR) cal_th()	pantalón	zonamat_2	FIRST 1	MOVE WITH operario1 THEN FREE
pantalón	zonamat_2	sub_wip() cal_th()	pantalón	manualidades_pesaje	FIRST 1	MOVE WITH operario1 FOR 4.26 MIN THEN FREE
pantalón	manualidades_pesaje	WAIT 1.9162 HR GRAPHIC 2 sub_wip() INC kanban_manualidades cal_th()	pantalón	zonapt_2	FIRST 1	MOVE WITH operario2 THEN FREE
pantalón	zonapt_2	sub_wip() cal_th()	pantalón	zonamat_3	FIRST 1	MOVE WITH operario2 THEN FREE
pantalón	zonamat_3	sub_wip() cal_th()	pantalón	lavado_centrifugado	FIRST 1	MOVE WITH operario2 FOR 2.88 MIN THEN FREE
pantalón	lavado_centrifugado	WAIT 3.0198 HR GRAPHIC 3 sub_wip() INC kanban_lavado cal_th()	pantalón	zonapt_3	FIRST 1	MOVE WITH operario2 THEN FREE
pantalón	zonapt_3	sub_wip() cal_th()	pantalón	zonamat_4	FIRST 1	MOVE WITH operario3 FOR 0.54 MIN THEN FREE

Tabla 30: Continuación

Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rule	Move Logic
pantalón	zonamat_4	sub_wip() cal_th()	pantalón	secado_clasificacion	FIRST 1	MOVE WITH operario3 THEN FREE
pantalón	secado_clasificacion	WAIT 1.059 HR GRAPHIC 4 sub_wip() INC kanban_secado cal_th()	pantalón	producto_terminado	FIRST 1	MOVE WITH operario3 THEN FREE
pantalón	producto_terminado	sub_wip() cal_th()	pantalón	zona_terminado	FIRST 1	MOVE WITH operario3 FOR 3.94 MIN THEN FREE
pantalón	zona_terminado	sub_wip() t_salida = CLOCK(HR) ct = t_salida - t_entrada kanban_total = kanban_manualidades + kanban_lavado + kanban_secado INC P_TERMINADO cal_th()	pantalón	EXIT	FIRST 1	
Pedido	recepcion_orden		pedido	EXIT	FIRST 1	
orden_produccion	recepcion_prendas		orden_produccion	EXIT	FIRST 1	

Diagrama de Flujo modelo Conwip.

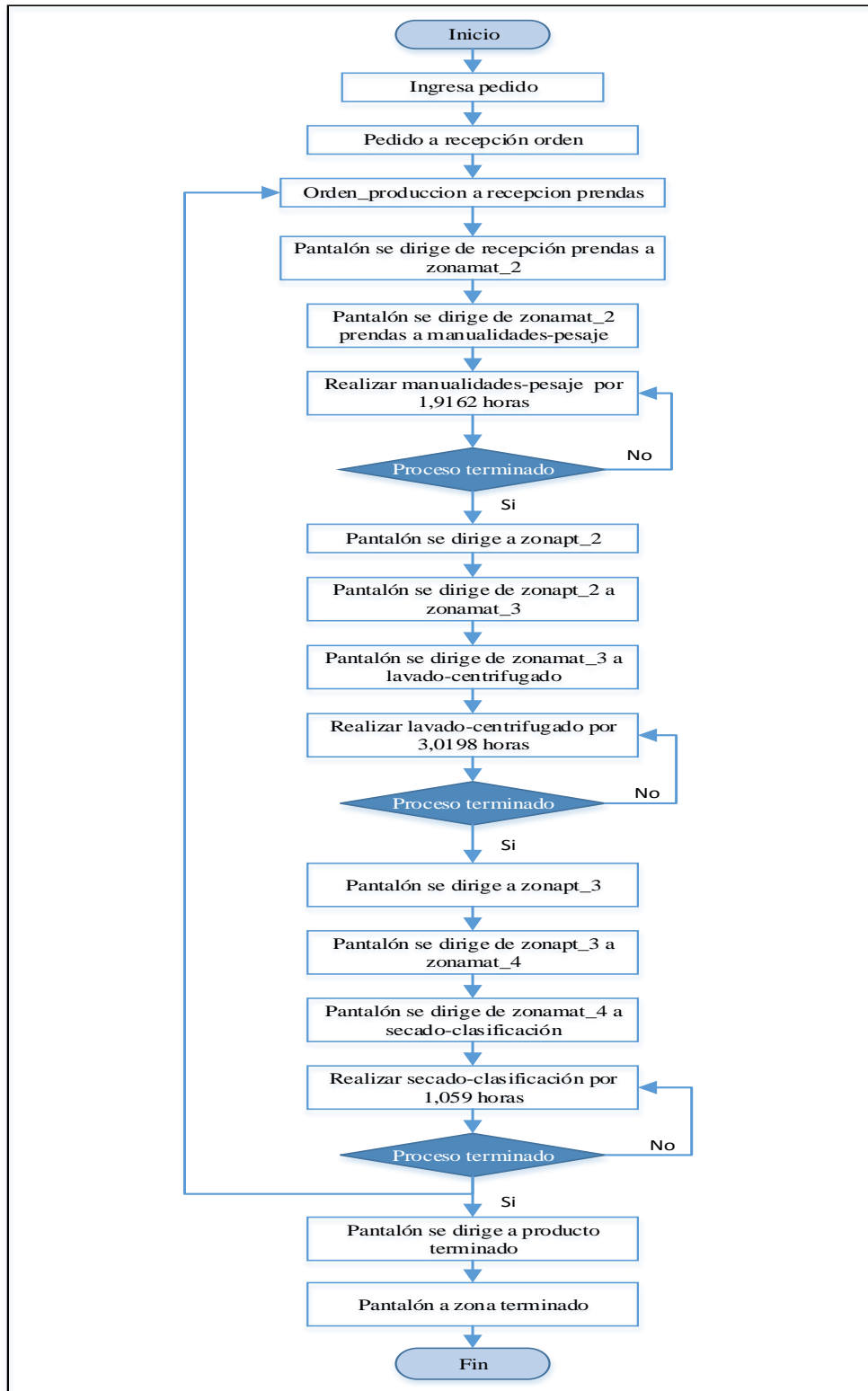


Figura 62. Diagrama de flujo del proceso para el modelo Conwip.

El proceso se define de la siguiente forma:

- La entidad pedido parte desde la locación *pedidos* hasta *recepción de orden*, desde la cual se despachan la orden de producción *orden_produccion (tarjeta conwip)*, a *recepcion_prendas*, una vez determinada la orden de producción se inicia el proceso.
- La entidad *pantalón* sale desde *recepción_prendas* hacia la *zonamat_2* trasladada por el operario 1, a la vez se inicia el $t_{entrada} = CLOCK (HR)$ y se determina el WIP mediante *sub_wip*.
- Luego *pantalón* sale de la *zonamat_2* hacia *manualidades_pesaje*, en la cual se procesa por un tiempo de 1.9162 horas, se establece el *sub_wip* y se cambia el gráfico de *pantalón* mediante *GRAPHIC 2*.
- Una vez terminado el proceso manualidades-pesaje el *pantalón* pasa a *zonapt_2*, dejando libre esa estación para que se genere la siguiente orden de producción.
- El *pantalón* se traslada de la *zonapt_2* hacia la *zonamat_3* mediante el operario 2, luego pasa a la locación de *lavado-centrifugado*, en la cual se procesa por 3.0198 horas, se determina el WIP y se cambia el gráfico mediante *GRAPHIC 3*.
- Terminado el proceso lavado-centrifugado, *pantalón* se dirige hacia *zonapt_3*, dejando libre la estación para que se genere la siguiente orden de producción.
- Luego *pantalón* se dirige de *zonapt_3* a *zonamat_4*, mediante el operario 3, luego pasa a *secado-centrifugado*, se procesa por 1.059 horas, se determina el WIP y se cambia a *GRAPHIC 4*.
- Concluido el proceso secado-clasificación, el *pantalón* se dirige a *producto_terminado*, dejando libre la estación para la siguiente orden de producción.
- Finalmente la entidad *pantalón* se dirige hacia *zona_terminado* y sale del sistema, además que se determina el tiempo de salida mediante $t_{salida} = CLOCK (HR)$, se calcula el tiempo de ciclo mediante $ct = t_{salida} - t_{entrada}$, la cantidad de

productos procesados mediante *INC P_TERMINADO*, el Throughput mediante la subrutina *cal_th*, además que sale del sistema la entidad *pedido* y *orden_produccion* correspondiente al lote producido.

El proceso se repite cada vez que ingrese un pedido al sistema y se liberen las órdenes de producción (tarjeta conwip). En la Figura 63 se muestra la interfaz de la simulación del modelo propuesto.

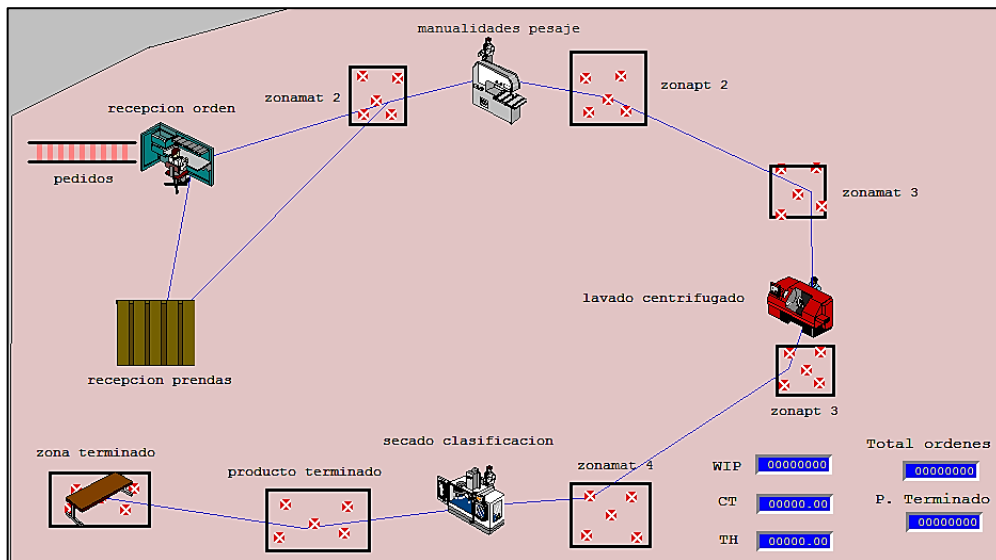


Figura 63. Esquema gráfico del modelo Conwip.

Resultados con el simulador

Para efectos de este estudio se determina los parámetros básicos de producción para una semana de trabajo (40 horas), además se trabaja dentro de los procesos con lotes de 50 unidades para pasar de un proceso a otro. Estos son:

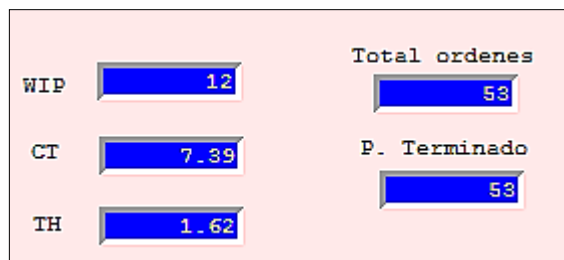


Figura 64. Resultados de la simulación modelo Conwip.

Tabla 31: Resumen de resultados de la simulación del modelo Conwip.

Parámetros	Valor	Unidades
WIP	12	Lotes
CT	7.39	Horas
TH	1.62	Lotes/Hora
Total ordenes	53	Ordenes
Producto Terminado	53	Lotes

En la Tabla 31 se expresa los parámetros de producción obtenidos en la simulación, estas operaciones se las realiza utilizando las ecuaciones explicadas en el fundamento teórico. Los resultados se explican a continuación:

TH simulación

De acuerdo a los resultados obtenidos, la tasa de producción actual es de 1.62 lotes/hora, lo que implica que en 1 hora se producirán 81 pantalones por hora y en una jornada de trabajo de 8 horas, se podrán producir 648 pantalones. En la Figura 65 se muestra el comportamiento del TH a lo largo de la simulación.

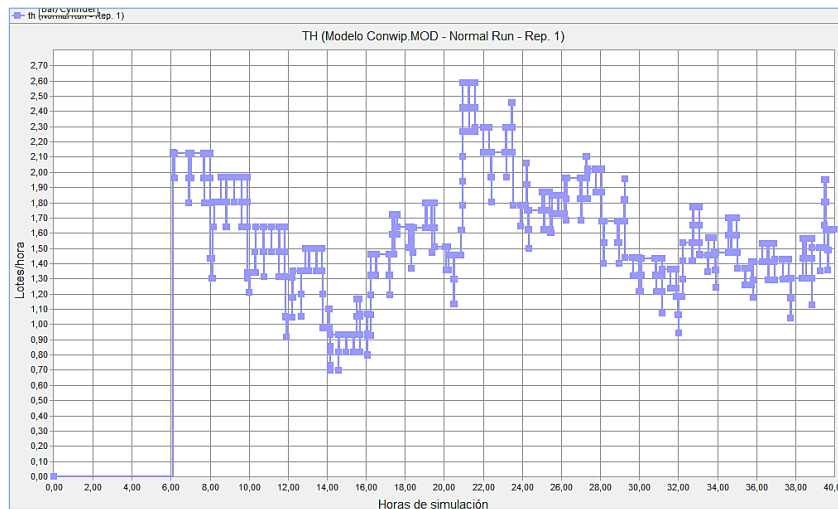


Figura 65. Gráfico del TH modelo Conwip.

En la Figura 65 se observa el TH generado en el tiempo de simulación, donde se puede notar que se obtiene un valor máximo de 2,60 lotes/hora y un mínimo de 0,70 lotes/hora, la variabilidad mostrada corresponde a que en los tiempos de simulación se generan diferentes valores de WIP y CT.

CT simulación

El tiempo de ciclo actual para la simulación que corresponde a una jornada de 40 horas, es 7.39 horas. En la Figura 66 se muestra el comportamiento del CT a lo largo de la simulación.

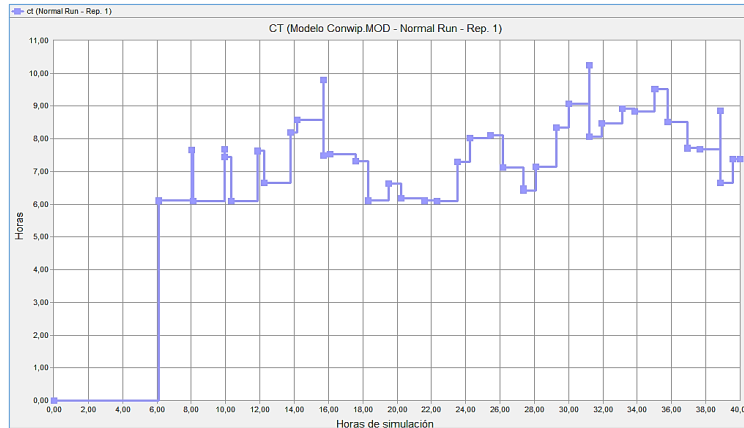


Figura 66. Gráfico del CT modelo Conwip.

En la Figura 66 se observa el comportamiento del CT a lo largo de la simulación, obteniendo un valor máximo de 10,26 horas y un mínimo de 6,10 horas, valores en los que un lote de producción sale del sistema.

WIP simulación

Para un tiempo de ciclo de 7.39 horas se genera un inventario en proceso de 12 lotes es decir 600 unidades, en la Figura 67 se muestra el WIP a lo largo de la simulación.

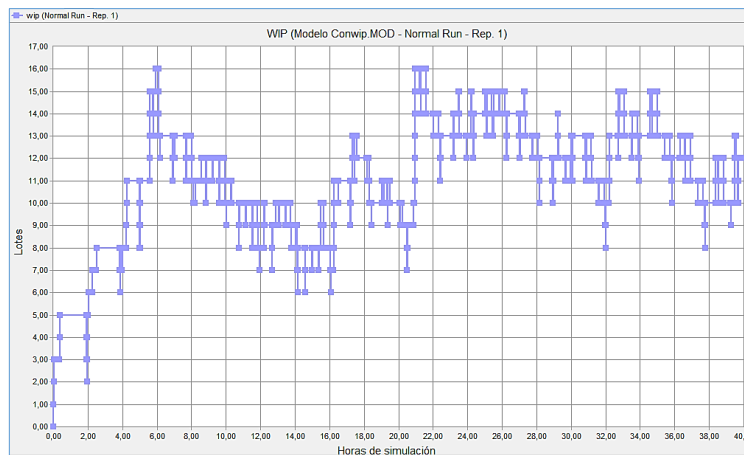


Figura 67. Gráfico WIP modelo Conwip

En la Figura 67 se muestra la tendencia del WIP durante la simulación, donde se obtiene un máximo de 14 lotes y un mínimo de 2 lotes, además se puede notar la tendencia de un inventario en proceso constante, propio del Conwip.

En la Figura 68 se muestra el reporte de Promodel de la simulación en la cual se puede notar el comportamiento de las variables de simulación, además se observa el número de órdenes generadas para cada lote de producción, así como también la cantidad de producto terminado obtenido al cabo de las 40 horas de trabajo.

General Report (Normal Run - Rep. 1)							
Location States Multi		Location States Single		Resources		Resource States	
Failed Arrivals		Entity Activity		Entity States		Variables	
modelo Conwip.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Total Changes	Avg Time Per Change (MIN)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value	
th	562,00	4,24	0,00	2,59	1,62	1,38	
ordenes	53,00	44,82	0,00	53,00	53,00	22,85	
wip	631,00	3,77	0,00	16,00	12,00	11,15	
P TERMINADO	53,00	44,82	0,00	53,00	53,00	22,85	
ct	53,00	44,82	0,00	10,26	7,39	6,23	

Figura 68. Reporte general de las variables de simulación del modelo Conwip.

4.6.5. Simulación modelo DBR

El sistema DBR es una metodología de operaciones basada en la Teoría de Restricciones, en la cual el ritmo de trabajo es determinado por la restricción del sistema o cuello de botella, es decir la actividad que más tiempo se tarda en procesar; para controlar los inventarios que se generan es necesario determinar un amortiguador o almacenamiento que asegure el trabajo continuo de la restricción, además se debe establecer el mecanismo de control de estrada de material o cuerda que para el caso de estudio es la orden de producción la determina que el sistema está funcionando correctamente, en la Figura 69 se muestra una representación del sistema Conwip en una línea de producción.

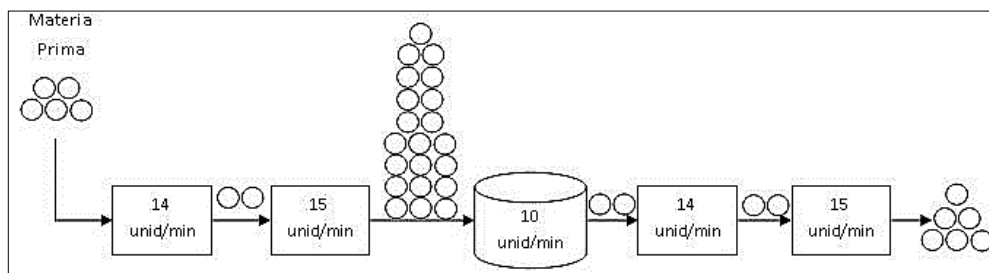


Figura 69. Representación del sistema DBR [29].

Como se observa en la Figura 69 la producción está subordinada a la restricción o cuello de botella la cual determina el ritmo de trabajo, el ingreso de materia prima y salida de producto terminado.

Para el modelo de simulación primero es necesario establecer la restricción del sistema mediante la tasa de cuello de botella (*rb*), para la cual se establece mediante simulación, en la Figura 70 se muestra el *rb* de cada estación de trabajo.

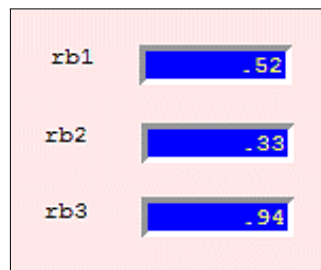


Figura 70. Tasa de cuello de botella de las locaciones.

Tabla 32: Resumen de la tasa de cuello de botella.

Locación	Tasa de cuello de botella	Valor Lote/hora
Manualidades - pesaje	rb1	0.52
Lavado - Centrifugado	rb2	0.33
Secado - clasificación	rb3	0.94

En la Tabla 32 se observa que la restricción del sistema es lavado – centrifugado, puesto que su tasa de producción es menor, por lo tanto es el proceso que marca el ritmo de trabajo para el modelo propuesto, además es la que desencadena el ingreso de material al sistema mediante la orden de producción o cuerda; es necesario establecer un amortiguador que evite que la restricción quede desabastecida de material para que el sistema funcione correctamente. Una vez determinada la restricción del sistema, el amortiguador y la cuerda se procede a la realización del modelo de simulación para lo cual se ingresan los siguientes parámetros.

Locaciones

Las locaciones ingresadas son las áreas de *manualidades-pesaje*, *lavado-centrifugado*, *secado-clasificación*, *zona terminado*, *recepción prendas*, *recepción orden*, *producto terminado* y *pedidos*, adicional se crean se crean 2 zonas de almacenaje temporal que permiten conocer cuántas unidades se quedan en proceso luego de un turno de trabajo y saber en qué proceso se genera mayor acumulación de inventario, además la locación *rec1* sirve de amortiguador del sistema, las locaciones y sus capacidades se muestran en la Figura 71.

```

*****
*                               Locations                               *
*****
Name          Cap      Units Stats      Rules      Cost
-----
lavado_centrifugado  8        1  Time Series Oldest, ,
secado_clasificacion 5         1  Time Series Oldest, ,
manualidades_pesaje  3         1  Time Series Oldest, ,
producto_terminado  5         1  Time Series Oldest, ,
rec1            INFINITE 1  Time Series Oldest, ,
rec2            5         1  Time Series Oldest, ,
recepcion_prendas  INFINITE 1  Time Series Oldest, ,
zona_terminado  INFINITE 1  Time Series Oldest, ,
recepcion_orden  INFINITE 1  Time Series Oldest, ,
pedidos        INFINITE 1  Time Series Oldest, FIFO,
  
```

Figura 71. Locaciones modelo DBR.

Entidades

Se ingresan 3 entidades, *pantalón* que representa el producto en proceso, *orden_produccion* que hace referencia a los pedidos de producción y *orden_cuerda* que representa la cuerda del sistema, estas entidades se indican en la Figura 72.

```

*****
*                               Entities                               *
*****
Name          Speed (fpm) Stats      Cost
-----
pantalón      150          Time Series
orden_produccion 150          Time Series
orden_cuerda   150          Time Series
  
```

Figura 72. Entidades modelo DBR.

Arribos

Las características de los arribos de cada entidad se definen en la Figura 73 de la siguiente manera: pantalón y pedido arriban al sistema con una frecuencia Uniforme

entre 20 y 120 minutos; el número de ocurrencias es 100 ya que se simula para un tiempo de 40 horas es decir una semana de trabajo.

```

*****
*                               Arrivals                               *
*****

```

Entity	Location	Qty Each	First Time	Occurrences	Frequency
pantalon	repcion_prendas	1	0	100	U<20.0, 120>
orden_produccion	pedidos	1	0	100	U<20.0, 120>

Figura 73. Arribos modelo DBR.

Redes de trayectoria

Se genera una red de movimientos donde recorren los 3 operarios, haciendo coincidir cada una de las locaciones con un nodo de la red mediante interconexiones o interfaces, este detalle se indica en la Figura 74.

```

*****
*                               Path Networks                           *
*****

```

Name	Type	T/S	From	To	BI	Dist/Time	Speed	Factor
RUTA_3	Passing	Speed & Distance	N1	N2	Bi	2.00	1	
			N2	N3	Bi	13.00	1	
			N3	N4	Bi	2.00	1	
			N4	N5	Bi	2.00	1	
			N5	N6	Bi	2.00	1	
			N6	N7	Bi	5.20	1	
			N7	N8	Bi	2.00	1	
			N8	N9	Bi	28.00	1	
			N5	N2	Bi	15.00	1	

Figura 74. Trayectorias modelo DBR.

Cada una de las rutas tiene definido sus nodos como se observa en la programación de la Interfaces de la Figura 75.

```

*****
*                               Interfaces                               *
*****

```

Net	Node	Location
RUTA_3	N1	repcion_orden
	N2	repcion_prendas
	N3	manualidades_pesaje
	N4	rec1
	N5	lavado_centrifugado
	N6	rec2
	N7	secado_clasificacion
	N8	producto_terminado
	N9	zona_terminado

Figura 75. Interfaces modelo DBR.

En cada uno de los desplazamientos se toma en cuenta las distancias medidas en la planta entre los diferentes puestos de trabajo.

Recursos

Para este modelo se considera como recursos del sistema a 4 operarios, los cuales se detallan en la Figura 76, los mismos que se desplazaran por la red creada y descrita en la Figura 74.

```

*****
*                               Resources                               *
*****
Name      Units  Stats      Res Search  Ent Search Path      Motion      Cost
-----
operario1 1      By Unit  Closest  Oldest  RUTA_3      Empty: 150 fpm
          Home: N3      Full: 150 fpm
          <Return>
operario2 1      By Unit  Closest  Oldest  RUTA_3      Empty: 150 fpm
          Home: N5      Full: 150 fpm
          <Return>
operario3 1      By Unit  Closest  Oldest  RUTA_3      Empty: 150 fpm
          Home: N7      Full: 150 fpm
          <Return>
operario4 1      By Unit  Closest  Oldest  RUTA_3      Empty: 150 fpm
          Home: N1      Full: 150 fpm
          <Return>

```

Figura 76. Recursos modelo DBR.

Atributos

Se utilizan un atributo, de tipo real definido como att, en el que se guarda el tiempo de ingreso del material, como se indica en la Figura 77.

```

*****
*                               Attributes                               *
*****
ID      Type      Classification
-----
att     Real      Entity

```

Figura 77. Atributos modelo DBR.

Variables

Se genera un total de 11 variables como se muestra en la Figura 78 para medir el tiempo de ciclo (CT), inventarios en proceso (WIP) y Throughput (TH), analizados con la Ley de Little, las que permiten evidenciar numéricamente a través de una ventana en la interface gráfica el incremento o decremento de cada una de ellas durante la simulación; la variable ordenes permiten conocer el número de peticiones de material entrantes, además mediante p_terminado se conoce el número de productos terminados que salen del sistema. El tipo de variable real o entera se la define antes de la simulación.

```

*****
*                               Variables (global)                               *
*****

```

ID	Type	Initial value	Stats
th	Real	0	Time Series
ordenes	Integer	0	Time Series
wip	Integer	0	Time Series
P_TERMINADO	Integer	0	Time Series
ct	Real	0	Time Series
rb1	Real	0	Time Series
rb2	Real	0	Time Series
rb3	Real	0	Time Series
tp_1	Real	0	Time Series
tp_2	Real	0	Time Series
tp_3	Real	0	Time Series

Figura 78. Variables modelo DBR.

Subrutinas

Se crean una subrutina denominada id, la cual determina el TH mediante la división entre el WIP y el CT si el tiempo de ciclo es diferente de cero, de lo contrario hace el TH cero, debido que el tiempo de ciclo sólo se calcula cuando haya salido la primera entidad (pantalón) del sistema. La programación de la misma se muestra en la Figura 79.

```

*****
*                               Subroutines                               *
*****

```

ID	Type	Parameter	Type	Logic
id	None			<pre> IF <ct <> 0> THEN { th = wip/ct } ELSE th=0 </pre>

Figura 79. Subrutinas modelo DBR.

Procesos

Para definir los procesos, se ingresa datos tales como: entidad de entrada, entidad de salida, locación de entrada y salida, ruta, lógica de movimientos. La programación de los procesos se muestra en la Tabla 33.

Tabla 33: Proceso modelo DBR

Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rule	Move Logic
orden_produccion	pedidos		orden_produccion	recepcion_orden	FIRST 1	
orden_produccion	recepcion_orden		orden_produccion	recepcion_prendas	FIRST 1	MOVE WITH operario4 THEN FREE
pantalón	recepcion_prendas	id att=CLOCK(HR) GRAPHIC 1 INC wip	pantalón	manualidades_pesaje	FIRST 1	MOVE WITH operario1 FOR 4.26 MIN THEN FREE
pantalón	manualidades_pesaje	GRAPHIC 2 id tp_1 = 1.9162 rb1 = 1 / tp_1 WAIT tp_1 HR	pantalón	rec1	FIRST 1	MOVE WITH operario1 THEN FREE
pantalón	rec1	id ACCUM 15	pantalón	lavado_centrifugado	FIRST 1	MOVE WITH operario2 FOR 2.88 MIN THEN FREE
pantalón	lavado_centrifugado	GRAPHIC 3 id tp_2 = 3.0198 rb2 = 1 / tp_2 WAIT tp_2 HR INC ordenes	pantalón	rec2	FIRST 1	MOVE WITH operario2 THEN FREE
orden_cuerda	lavado_centrifugad		orden_cuerda	recepcion_prendas	FIRST 1	MOVE WITH operario2 THEN FREE
pantalón	rec2	id	pantalón	secado_clasificacion	FIRST 1	MOVE WITH operario3 FOR 0.54 MIN THEN FREE
pantalón	secado_clasificacion	GRAPHIC 4 id tp_3 = 1.059 rb3 = 1 / tp_3 WAIT tp_3 HR	pantalón	producto_terminado	FIRST 1	MOVE WITH operario3 THEN FREE

Tabla 33: Continuación.

Entity	Location	Operation	Output	Destination	Rule	Move Logic
pantalón	producto_terminado	sub_wip() cal_th()	pantalón	zona_terminado	FIRST 1	MOVE WITH operario3 FOR 3.94 MIN THEN FREE
pantalón	zona_terminado	id DEC wip INC P_TERMINADO	pantalón	EXIT	FIRST 1	ct = CLOCK(HR) - att
orden_cuerda	recepcion_orden		orden_cuerda	EXIT	FIRST 1	

Diagrama de Flujo modelo DBR.

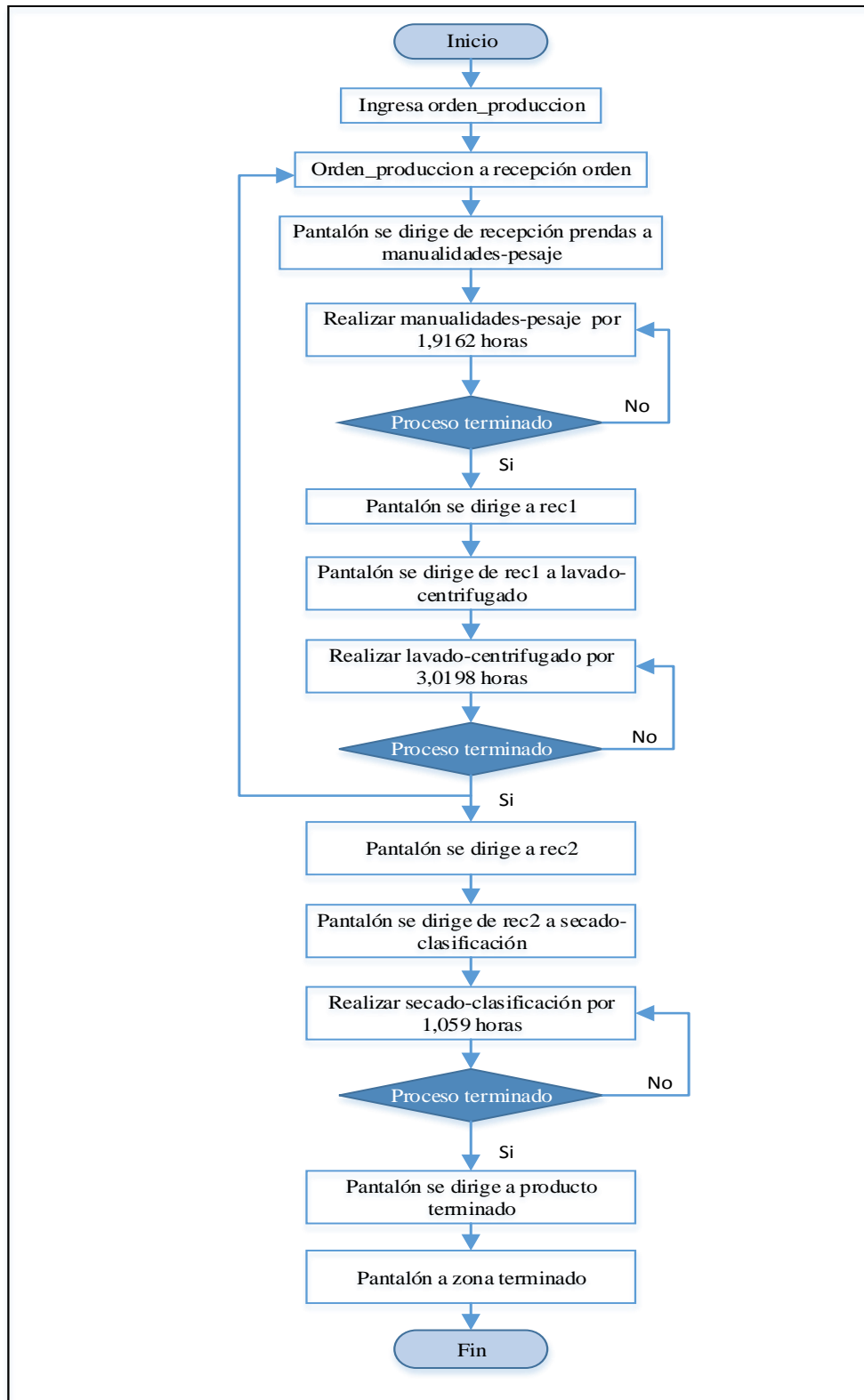


Figura 80. Diagrama de flujo del proceso para el modelo DBR.

El proceso se define de la siguiente forma:

- La entidad pedido parte desde la locación *pedidos* hasta *recepción de orden*, desde la cual se despachan la orden de producción *orden_produccion*, a *repcion_prendas*, una vez determinada la orden de producción se inicia el proceso.
- La entidad *pantalón* sale desde *recepció_prendas* hacia la *manualidades-pesaje* trasladada por el operario 1, a la vez se inicia *el att = CLOCK (HR)*, se determina el WIP con *INC wip*, se llama a la subrutina *id* y se cambia a *GRAPHIC 2*.
- En la locación *manualidades_pesaje*, se procesa por un tiempo de 1.9162 horas con *tp_1*, se determina la tasa de cuello de botella mediante *rb1=1/tp_1*, se establece el *id* y se cambia el gráfico mediante *GRAPHIC 2*.
- Una vez terminado el proceso manualidades-pesaje el *pantalón* pasa a *rec_1* que es amortiguador del sistema, que cuenta con un tamaño de 15 lotes esto se hace mediante la instrucción ACCUM 15.
- El *pantalón* se traslada de *rec_1* hacia la locación de *lavado-centrifugado* mediante el operario 2, en la cual se procesa por 3.0198 horas con *tp_2*, se determina la tasa de cuello de botella mediante *rb2=1/tp_2*, se establece el *id* y se cambia el gráfico mediante *GRAPHIC 3*.
- Terminado el proceso lavado-centrifugado, *pantalón* se dirige hacia *rec_2*, a la vez se libera la *orden_cuerda* hacia *recepción_prendas*, para que ingrese una nueva orden de producción.
- Luego *pantalón* se dirige de *rec_2* a *secado-centrifugado*, mediante el operario 3, donde se procesa por 1.059 horas con *tp_3*, se determina la tasa de cuello de botella mediante *rb3=1/tp_3*, se establece el *id* y se cambia el gráfico mediante *GRAPHIC 4*.
- Concluido el proceso secado-clasificación, el *pantalón* se dirige a *producto_terminado* mediante el operario 3.

- Finalmente la entidad *pantalón* se dirige hacia *zona_terminado* y sale del sistema, además que se calcula el tiempo de ciclo mediante $ct = CLOCK (HR) - att$, la cantidad de productos procesados mediante $INC P_TERMINADO$, el Throughput mediante la subrutina *id*, además que sale del sistema la entidad *orden_produccion* y *orden_cuerda*.

El proceso se repite cada vez que ingrese un pedido al sistema y se liberen las órdenes de producción y la orden_cuerda. En la Figura 81 se muestra la interfaz de la simulación del modelo propuesto.

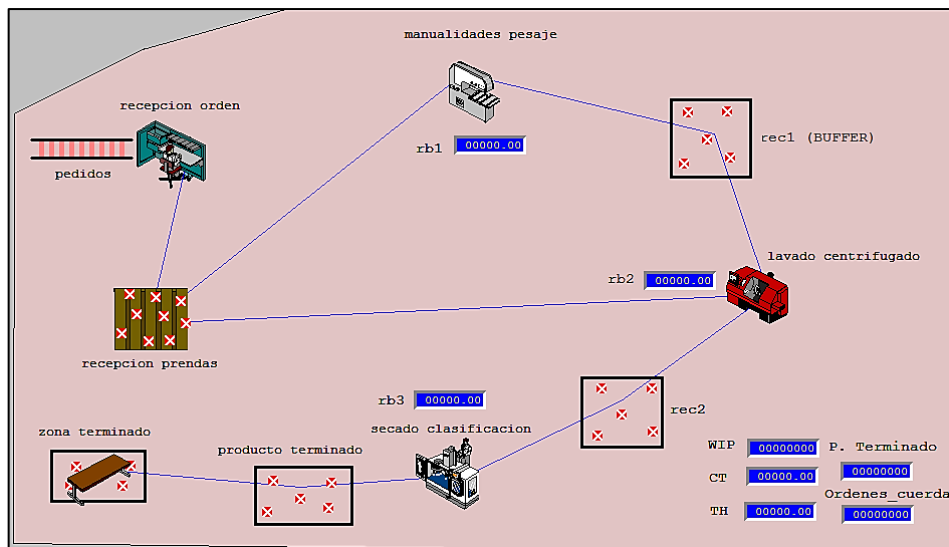


Figura 81. Esquema gráfico del modelo DBR

Resultados con el simulador

Para efectos de este estudio se determina los parámetros básicos de producción para una semana de trabajo (40 horas), además se trabaja dentro de los procesos con lotes de 50 unidades para pasar de un proceso a otro. Estos son:

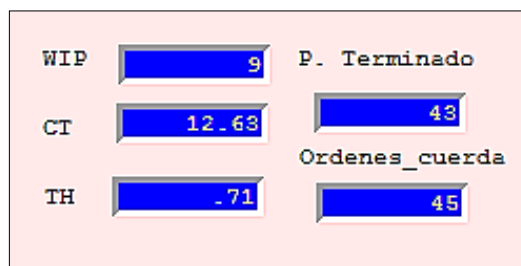


Figura 82. Resultados de la simulación modelo DBR.

Tabla 34: Resumen de resultados de la simulación del modelo DBR.

Parámetros	Valor	Unidades
WIP	9	Lotes
CT	12.63	Horas
TH	0.71	Lotes/Hora
Total ordenes cuerda	45	Ordenes
Producto Terminado	53	Lotes

En la Tabla 34 se expresa los parámetros de producción obtenidos en la simulación, estas operaciones se las realiza utilizando las ecuaciones explicadas en el fundamento teórico.

Los resultados se explican a continuación:

TH simulación

De acuerdo a los resultados obtenidos, la tasa de producción actual es de 0.71 lotes/hora, lo que implica que en 1 hora se producirán 40 pantalones por hora y en una jornada de trabajo de 8 horas, se podrán producir 284 pantalones. En la Figura 83 se muestra el comportamiento del TH a lo largo de la simulación.

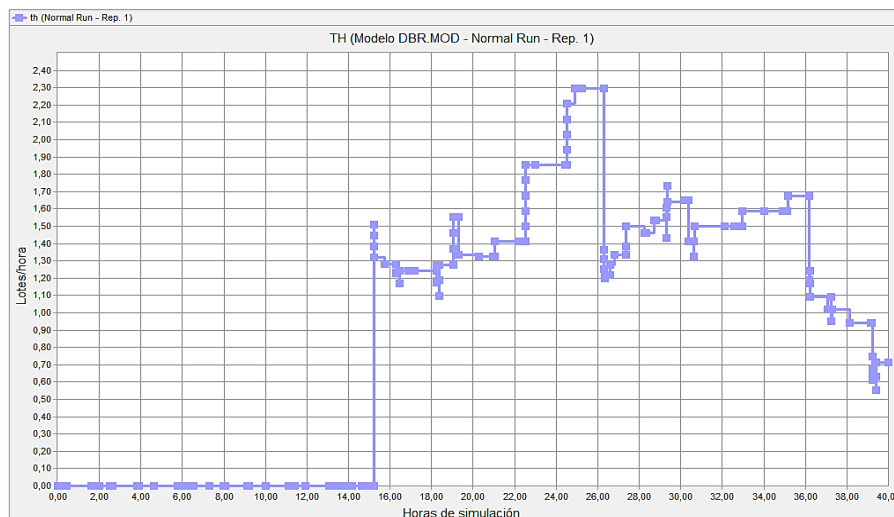


Figura 83. Gráfico del TH modelo DBR.

En la Figura 83 se observa el TH generado en la simulación, donde se puede notar que se obtiene un valor máximo de 2,20 lotes/hora y un mínimo de 0,55 lotes/hora, la

variabilidad mostrada corresponde a que en los tiempos de simulación se generan diferentes valores de WIP y CT.

CT simulación

El tiempo de ciclo actual para la simulación que corresponde a una jornada de 40 horas, es 12.63 horas. En la Figura 84 se muestra el comportamiento del CT.

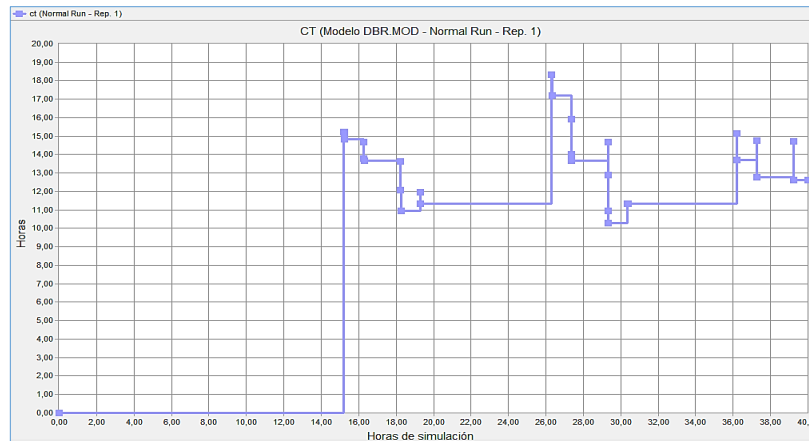


Figura 84. Gráfico del TH modelo DBR.

En la Figura 84 se observa el comportamiento del CT a lo largo de la simulación, obteniendo un valor máximo de 18,34 horas y un mínimo de 10,11 horas, valores en los que un lote de producción sale del sistema.

WIP simulación

Para un tiempo de ciclo de 12.63 horas se genera un inventario en proceso de 9 lotes es decir 450 unidades, en la Figura 85 se muestra el WIP a lo largo de la simulación.

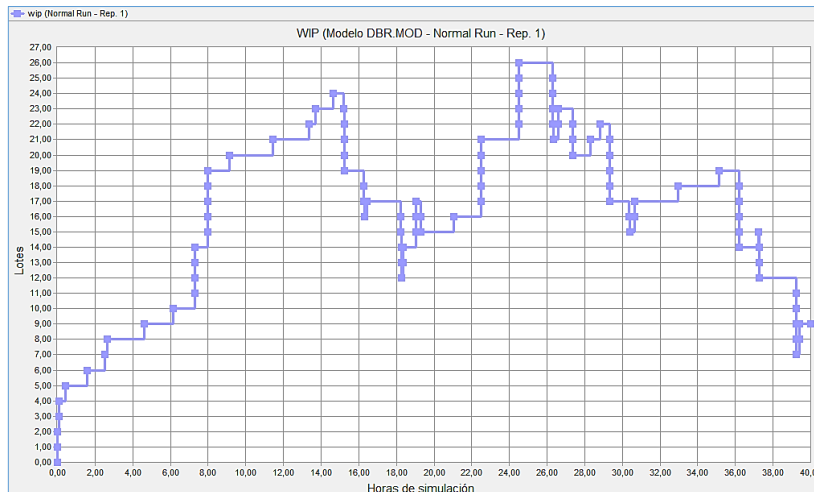


Figura 85. Gráfico WIP modelo DBR.

En la Figura 85 se muestra la tendencia del WIP durante la simulación, donde se obtiene un máximo de 16 lotes y un mínimo de 4 lotes en proceso, además se puede notar la variabilidad de inventario en proceso que el modelo DBR presenta.

La Figura 86 se muestra el reporte de Promodel de la simulación en la cual se puede notar el comportamiento de las variables de simulación, además se observa el número de órdenes generadas para cada lote de producción, así como también la cantidad de producto terminado obtenido al cabo de las 40 horas de trabajo.

General Report (Normal Run - Rep. 1)								
General	Locations	Location States Multi	Resources	Resource States	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Variables
MODELO DBR.MOD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	Total Changes	Avg Time Per Change (MIN)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value		
th	375,00	6,30	0,00	2,29	0,71	0,90		
ordenes	45,00	50,87	0,00	45,00	45,00	15,47		
wip	95,00	24,88	0,00	26,00	9,00	16,33		
P TERMINADO	43,00	54,75	0,00	43,00	43,00	13,88		
ct	43,00	54,75	0,00	18,34	12,63	7,63		
rb1	52,00	45,46	0,00	0,52	0,52	0,52		
rb2	45,00	46,84	0,00	0,33	0,33	0,24		
rb3	45,00	52,29	0,00	0,94	0,94	0,61		
tp 1	52,00	45,46	0,00	1,92	1,92	1,92		
tp 2	45,00	46,84	0,00	3,02	3,02	2,18		
tp 3	45,00	52,29	0,00	1,06	1,06	0,68		

Figura 86. Reporte de las variables de simulación del modelo DBR.

4.7. Análisis de resultados

Tabla 35: Resumen de los resultados obtenidos de la simulación.

Parámetro	Modelo Actual	Modelo Kanban	Modelo Conwip	Modelo DBR
WIP	19	4	12	9

CT	15,93	6,11	7,39	12,63
TH	1,19	0,65	1,62	0,71

A partir de los resultados obtenidos se realiza el siguiente análisis:

En la Figura 87 se muestra la cantidad promedio de productos en proceso de cada sistema simulado; donde en teoría tienen ventaja los sistemas que permiten una cantidad promedio menor de productos en proceso WIP, como es el caso del Kanban que presenta un promedio de 4 lotes, los demás modelos muestran un excesivo inventario de 19, 12 y 9 lotes para el modelo Actual, Conwip y DBR respectivamente; en conclusión, el modelo que presenta un mejor resultado en esta medida de desempeño es el Kanban.

Además, se demuestra en el caso del WIP que existe un porcentaje de reducción del 78,9%, 36,8% y un 52,6% para el Kanban, Conwip y DBR respectivamente con relación al modelo actual, lo que representa una disminución de la utilización de los recursos involucrados en la producción lo que genera un aumento de la productividad.

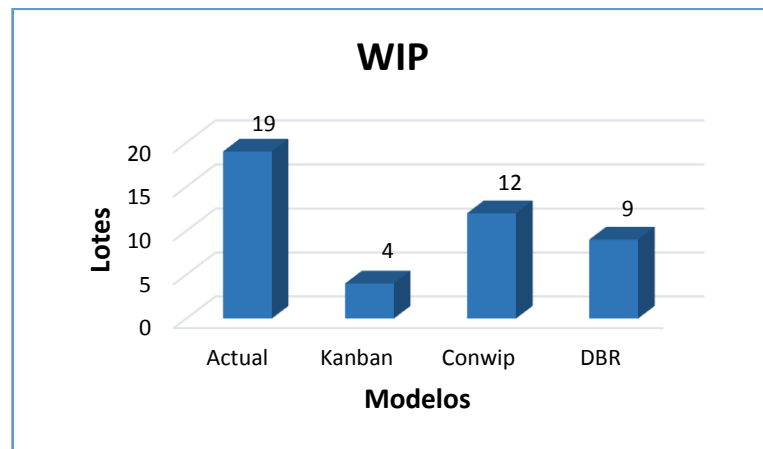


Figura 87. Comparación de los modelos en función del WIP.

La Figura 88 muestra el tiempo de ciclo promedio de los modelos al finalizar la simulación, donde se observa que el modelo que mejor resultado presenta es el Kanban con un CT de 6,11 horas, mientras que los modelos que peor resultado muestran son el Actual con 15,93 horas y el DBR con 12,63 horas. Para esta medida de desempeño el modelo que obtuvo mejor resultado es el Kanban.

Para el caso del CT existe un porcentaje de reducción del 61,1%, 53,6% y 20,7% para el Kanban, Conwip y DBR respectivamente, en referencia al modelo actual, esto hace que se pueda cumplir en mayor medida con los tiempos de entrega de producto terminado.

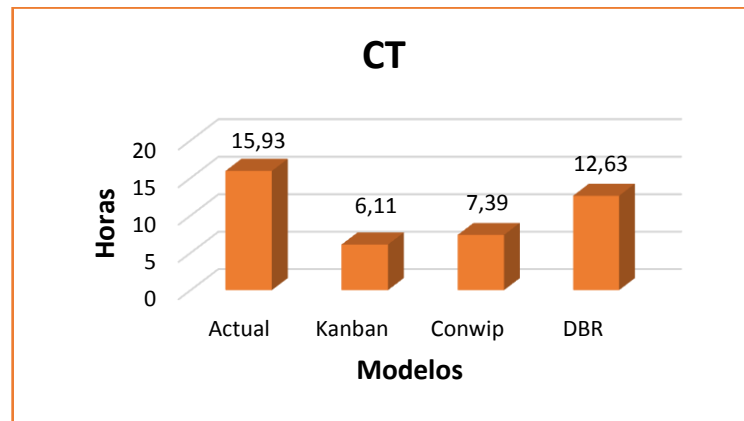


Figura 88. Comparación de los modelos en función del CT.

La Figura 89 muestra la tasa de producción o Throughput, donde se observa que el modelo que mejor resultado presenta es el Conwip con un TH promedio de 1,62 lotes/hora, los modelos que peor resultado presentan es el DBR y Kanban con 0,71 y 0,65 lotes/hora respectivamente.

En el caso del TH existe una disminución del 45,4% y 40,3% para el Kanban y DBR respectivamente, y un aumento del 36,1% para Conwip con relación al modelo actual.

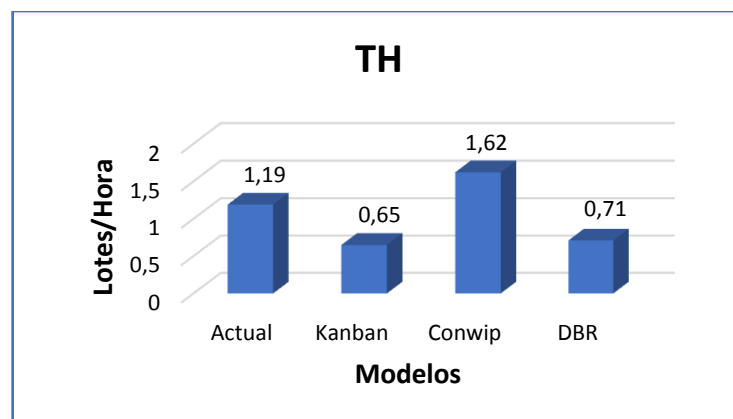


Figura 89. Comparación de los modelos en función del TH.

4.8. Selección de la estrategia de control de la producción

En base al análisis de los parámetros de producción realizado de cada uno de los modelos simulados se concluye que, la estrategia que mejor resultados muestra es el Kanban, puesto que presenta un menor nivel de inventario en proceso de 4 lotes con un porcentaje de reducción del 78,9% en relación al actual, lo que representa un costo de producción menor, ya que utiliza menos recursos involucrados en la fabricación como: mano de obra, maquinaria, energía, espacio físico, entre otras; además presenta un tiempo de ciclo promedio menor de 6,11 horas, es decir se reduce un 61,1% al actual, lo que permite cumplir con los plazos de entrega establecidos, aunque presenta una tasa de producción de 0,65 lotes/hora, en general la estrategia Kanban presenta mayores ventajas que los demás modelos comparados.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- A través del levantamiento de procesos en el área de lavado y teñido, se realizó la descripción de las actividades que se efectúan en cada subárea, el método de trabajo empleado el cual se evidencia mediante el uso de cursogramas sinóptico y analítico, hallando como resultado un número de 37 operaciones principales, además mediante la elaboración de los diagramas de recorrido se establece el flujo del producto a través de la línea de producción del área en estudio, y finalmente con el estudio de tiempos realizado se llegó a determinar el tiempo estándar de cada una de

las actividades y los tiempos de simulación, datos que se emplearon para el desarrollo de los modelos a compararse.

- Mediante el análisis realizado sobre las distintas estrategia de control de la producción tipo Pull más utilizadas en la industria, se destacó el uso del Kanban, como una estrategia de manufactura basada en tarjetas, las cuales determinan cuando y como debe producirse un producto a lo largo de la línea de producción, recalando que es una herramienta que ayuda a evitar errores, fabricar productos defectuosos, reprocesamientos, entre otros problemas propios de la fabricación, ya que se basa en la metodología JIT; además se resalta el uso del Conwip, como un sistema que determina el flujo del material en toda la línea de producción mediante una única tarjeta que va ligada a cada producto en proceso, como mecanismo de control, este sistema regula el nivel de inventario en proceso, que es un factor importante, puesto que un excesivo número de éste genera un mayor costo de producción; y finalmente el uso del DBR, como un sistema basado en la teoría de restricciones, cuya principal característica es, controlar la producción basado en el cuello de botella o restricción del sistema, con la finalidad de maximizar el rendimiento de toda la línea de fabricación.
- Se programó los modelos de simulación en el software Promodel en base a los resultados obtenidos en el levantamiento de procesos, estudio de tiempos y características propias de cada estrategia de producción propuestas, logrando así establecer los parámetros y elementos que componen cada modelo. Para la realización de la simulación del modelo Kanban se establecieron: 16 locaciones, 5 entidades, 2 arribos, 1 red de trayectorias con 18 interfaces, 3 recursos, 2 atributos, 9 variables, 2 subrutinas y el proceso propio del modelo, se simuló para un tiempo de 40 horas correspondiente a una semana de trabajo, obteniéndose como resultado un inventario en proceso promedio de 4 lotes, un tiempo de ciclo promedio de 6,11 horas y una tasa de producción de 0,65 lotes/hora. En el caso del modelo Conwip se establecieron los siguientes parámetros: 13 locaciones, 3 entidades, 2 arribos, 1 red de trayectorias con 12 interfaces, 3 recursos, 2 atributos, 5 variables, 2 subrutinas y el proceso propio del modelo, obteniéndose como resultado un inventario en proceso promedio de

12 lotes, un tiempo de ciclo promedio de 7,39 horas y una tasa de producción de 1,62 lotes/hora. Para el modelo DBR se consideró la restricción de capacidad mediante la tasa de cuello de botella, obteniendo como resultado: 0,52 lotes/hora para manualidades-pesaje, 0,33 lotes/hora para lavado-centrifugado y 0,94 lotes/hora para secado-clasificación, concluyendo que la restricción es lavado-centrifugado puesto que posee la menor tasa de producción, además se establecieron los siguientes parámetros de simulación: 10 locaciones, 3 entidades, 2 arribos, 1 red de trayectorias con 9 interfaces, 4 recursos, 1 atributo, 11 variables, 1 subrutina y el proceso propio del modelo, obteniéndose como resultado un inventario en proceso promedio de 9 lotes, un tiempo de ciclo promedio de 12,63 horas y una tasa de producción de 0,71 lotes/hora.

- Finalmente se concluye de acuerdo con los parámetros de producción obtenidos luego de la simulación de cada modelo que la estrategia para el control de la producción seleccionada es Kanban, puesto que presenta mejores resultados que los demás modelos, obteniéndose un inventario en proceso promedio de 4 lotes, es decir una reducción del 79,8% con relación al actual, además un tiempo de ciclo promedio 6,11 horas que representa una disminución del 61,1% y una tasa de producción de 0,65 lotes/hora.

5.2. Recomendaciones

- Las empresas o fábricas de la industria textil dedicadas a la actividad de lavado y teñido de jeans, que se interesen en aplicar la estrategia de control de producción propuesta requieren desarrollar un adecuado levantamiento de procesos y estudio de tiempos, puesto que es la base fundamental para la obtención de los datos que se ingresan al simulador, asegurando así la fiabilidad de los resultados obtenidos.
- Aplicar la estrategia de control de la producción propuesta en la práctica por la fábrica en estudio, para poder verificar los resultados obtenidos mediante el software, con el propósito de conseguir los beneficios planteados en la investigación.

- Dar continuidad al estudio planteado mediante propuestas de investigación enfocadas al uso de recursos utilizados en la producción, en la que se emplee un análisis de desperdicios, con el propósito de optimizar el proceso productivo y reducir costos, aumentando así la productividad de este tipo de industria.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] T Crespo Franco and J M García Vázquez, "Sistemas de planificación y control de la fabricación: análisis comparativo," *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 2, no. 1, pp. 101-124, 1996.
- [2] Flavio Roberto Aymar Guamán, "Diseño de un esquema para la implementación de la metodología Lean Six Sigma en las empresas industriales ecuatorianas," Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Económicas, Guayaquil, Tesis maestría 2015.
- [3] Luis Felipe Campuzano Zapata, Julián Andres Zapata Cortes, and Martín Darío Arango Serna, "Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban," *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 14, no. 27, pp. 221-234, Mayo 2015.
- [4] Cristóbal Colón Sanchez Peñafiel, "Diseño de un Programa de Gestión utilizando

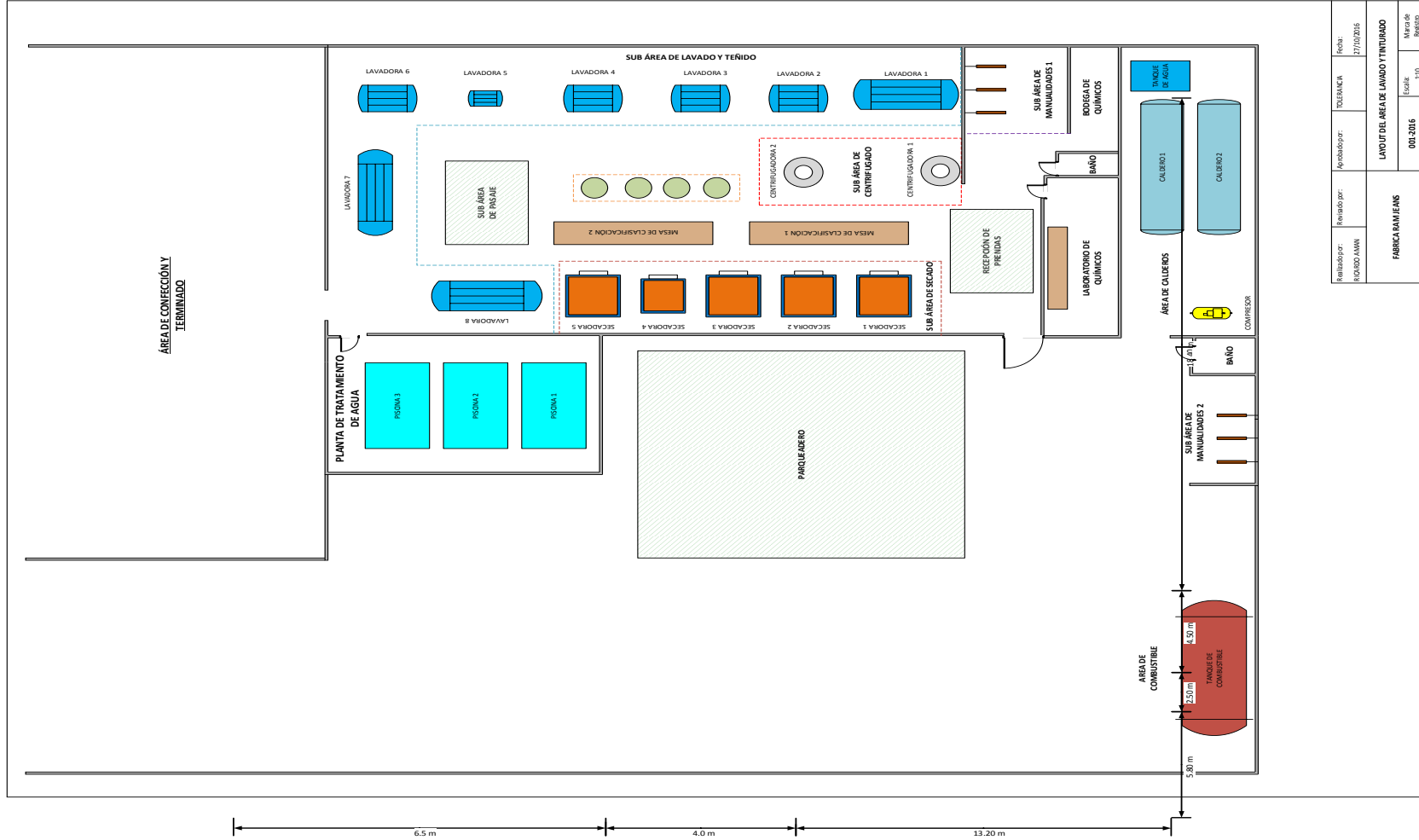
- el Sistema PULL en una empresa metalmeccánica de la ciudad de Guayaquil," Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Industrial, Departamento de Posgrado, Guayaquil, Tesis previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial 2014.
- [5] Javier Nieto Mejia, "Para sobrevivir y aún más: podemos aprender del Japón.," *Revista Universidad EAFIT*, vol. 26, no. 77, pp. 27-31, 2012.
- [6] Irwin Benjamín Lazo Arce, "Propuesta para la implementación de la estrategia de manufactura Kanban en el área de Calandra en Zeta de la empresa Continental Tire Andina S.A.," Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, Tesis previo la obtención del título de Ingeniero Industrial 2014.
- [7] Bernd Christian Gastermann, Markus Branko Stopper, and Katalinic Branko Stopper, *Adapting CONWIP Characteristics for Conventional Production Planning*, B. Katalinic, Ed. Vienna, Austria: DAAAM International, 2012.
- [8] Amelia Tamayo García and Idalianys Urquiola García, "Concepción de un procedimiento para la planificación y control de la producción haciendo uso de herramientas matemáticas," *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, no. 18, pp. 130–145, Diciembre 2014.
- [9] Francesco Lolli, Rita Gamberini, and Claudio Giberti, "Un enfoque de simulación para la evaluación de escenarios alternativos de alimentación en un sistema de kanban," *International Journal of Production Research*, vol. 54, no. 14, pp. 4228-4239, Noviembre 2015.
- [10] H Huber and A Jodlbauery , "Nivel de desempeño de MRP, Kanban, CONWIP y DBR por parámetro de estabilidad y robustez ambiental," *International Journal of Production Research*, vol. 46, no. 8, pp. 2179–2195, Octubre 2014.
- [11] Hochang Lee Dong-Won Seo, "Evaluación del desempeño de sistemas de producción de línea controlado por WIP con tiempos de procesamiento constante," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 94, no. 1, pp. 138-146, Abril 2016.
- [12] Steven Harrod and John J Kanet, "Applying work flow control in make-to-order job shops," *International Journal of Production Economics*, vol. 143, no. 2, pp. 620-626, Febrero 2012.

- [13] John Reyes, Kevin Alvarez , and Rosa Vasquez , "Dynamic Buffer Management for Raw Material Supply in the Footwear Industry," *Journal of Industrial and Intelligent Information*, vol. 4, no. 1, pp. 1-8, Enero 2016.
- [14] Alejandro Mora Barón and Jorge Tobar López, "Comparación y Análisis de algunos Sistemas de Control de la Producción tipo “PULL” mediante simulación.," *Scientia et Technica*, no. 51, pp. 100-106, Agosto 2012.
- [15] Ryo Sato and Yaghoub Khojasteh Ghamari, "An integrated framework for card-based production control systems," *Springer Science+Business Media*, vol. 23, pp. 717-731, Junio 2010.
- [16] Amelia Tamayo García, "Diagnóstico y clasificación de sistemas de producción: Aplicación en Laboratorios NOVATEC," Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, La Habana (Cuba), Trabajo de Diploma, Ingeniería Industrial 2012.
- [17] Richard B Chase and Robert F Jacobs, *Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministros*, Decimotercera ed., Jesús Mares Chacón, Ed. México D. F., México: McGRAW-HILL EDUCATION, 2014.
- [18] Luis Ernesto Blanco Rivero, Enrique Romero Motta, and José Alejandro Páez Rodríguez, "Conwip un sistema de control de producción," Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, Trabajo de Investigación Junio 2006.
- [19] Pedro L González Rodríguez, José M Framiñan, and Rafael Ruíz Usano, "Control de la producción mediante un sistema con inventario en proceso constante: Conwip," Universidad de Sevilla, Sevilla, Informe Conferencia de Ingeniería de Organización 2002.
- [20] Kevin Marcelo Álvarez Rojas , "Modelo TAC (Tambor – Amortiguador – Cuerda) para el abastecimiento de materia prima en la empresa de calzado Gamo's," Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Tesis de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización 2014.
- [21] Wallace J Hopp and Mark L Spearman, *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*, Segunda ed., McGraw-Hill, Ed. New York, Estados Unidos de América: McGraw-Hill Higher Education, 2001.

- [22] Luis Ernesto Blanco Rivero and Iván Darío Fajardo Pie, *Simulación con Promodel: Casos de Producción y Logística*, Segunda Edición ed., Ana Mariela Ortiz Tamayo, Ed. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2006.
- [23] Darwin Santiago Aldás Salazar, "Programación de la producción de calzado de seguridad basado en la teoría de restricciones para la mejora de la productividad en la empresa Marcia - Bufalo Industrial ," Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Tesis de Maestría 2016.
- [24] Roberto García Criollo, *Estudio del trabajo*, Segunda ed. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A., 2005.
- [25] Bryan Salazar López. (2016) Ingeniería Industrial Online. [Online].
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/valoraci%C3%B3n-del-ritmo-de-trabajo/>
- [26] Bryan Salazar López. (2012, Julio) Issuu. [Online].
https://issuu.com/bryansala/docs/sistema_de_suplementos_por_descanso1
- [27] Fanny Margarita Chamorro Salazar , "Estudio de métodos de trabajo en el área de montaje de calzado en la empresa Rexell," Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Proyecto de Trabajo de Graduación 2015.
- [28] Elisa Isabel Jiménez Luengo, "Análisis de los sistemas de control de la producción Kanban y Conwip bajo escenarios de reprocesado ," Universidad de Sevilla, Sevilla, Trabajo de Titulación 2010.
- [29] Jairo Rafael Coronado Hernández. (2011, Marzo) Notas-or Wikispaces. [Online].
<https://notas-or.wikispaces.com/SISTEMA+TAMBOR+AMORTIGUADOR>
- [30] David Hernández. (2015, Marzo) Germenstartup. [Online].
<https://germenstartup.wordpress.com/2015/03/23/que-es-y-para-que-sirve-el-metodo-kanban/>


ANEXOS

Anexo 1: Layout de la Fábrica




Realizado por: RUBEN MORA	Revisado por:	Aprobado por: TOLEMANA	Fecha: 17/07/2016
FABRICA BAMBUEANS		LAYOUT DEL AREA DE LAVADO Y TINTURADO	
001-2016		Escala:	1:10
		Marca de Registro	

Anexo 2: Estudio de tiempos

 ESTUDIO DE TIEMPOS																	
Actividad: Manualidades														Estudio Núm.: 1			
Operación: Realizar Manualidades														Hoja: 1 de 1			
Producto: Pantalones con desgastes, perforaciones y decoloraciones														Termino:			
Material: Pantalones														Operario:			
Tiempo: Minutos														Fecha: 15/11/2016			
														Observado por: Ricardo Amán			
Nº	Actividad	Ciclos												Total	\bar{X}	V	TB
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1	A	0,31	0,333	0,37	0,35	0,37	0,39	0,36	0,41	0,32	0,34	0,34	0,22	4,11	0,34	102	0,35
2	B	0,82	0,75	0,78	0,71	0,87	0,72	0,7	0,85	0,72	0,88	0,75	0,82	9,37	0,78	113	0,88
3	C	0,53	0,66	0,62	0,64	0,53	0,55	0,68	0,65	0,57	0,61	0,52	0,58	7,14	0,60	122	0,73
4	D	0,28	0,30	0,27	0,32	0,27	0,25	0,26	0,25	0,24	0,28	0,22	0,26	3,20	0,27	102	0,27
														Tiempo Básico de Ciclo		1,88	
														T.A.M A+B+C+D		1,88	
														T.M		-	
NOTA: \bar{X} = Promedio V= Valoración T.B= Tiempo Básico T.A.M= Tiempo Manual T.M= Tiempo Máquina																	

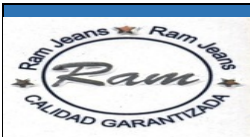
SUPLEMENTOS POR DESCANSO		
Trabajador:	Hombre	
		%
Suplementos Constantes	Necesidades personales	5
	Básico por fatiga	4
Suplementos variables	Trabajo de pie	2
	Ruido	2
TOTAL		13

RESUMEN DE TIEMPOS(min)	
TIEMPO BÁSICO	1,88
Tiempo manual	1,88
Tiempo de máquina	-
Suplementos por descanso	0,13
TIEMPO ESTÁNDAR	2,12
<i>Tiempo estándar de la operación</i>	2,12
<i>Tiempo estándar de transporte</i>	0,39

 ESTUDIO DE TIEMPOS																	
Actividad: Pesaje														Estudio Núm.: 1			
Operación: Pesaje de prendas														Hoja: 1 de 1			
Producto: Lote de pantalones														Termino:			
Material: Pantalones														Operario:			
Tiempo: Minutos														Fecha: 15/11/2016			
														Observado por: Ricardo Amán			
Nº	Actividad	Ciclos												Total	\bar{X}	V	TB
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1	A	3,12	3,74	3,15	3,63	3,16	3,62	3,06	3,24	3,65	3,12	3,35	3,41	40,25	3,35	102	3,42
2	B	3,18	3,36	3,62	3,25	3,87	3,28	3,75	3,34	3,06	3,17	3,46	3,28	40,62	3,39	102	3,45
3	C	0,82	0,75	0,78	0,71	0,87	0,72	0,70	0,85	0,72	0,88	0,73	0,82	9,35	0,78	102	0,79
4	D	0,28	0,30	0,27	0,32	0,27	0,25	0,26	0,25	0,24	0,28	0,24	0,22	3,18	0,27	102	0,27
														Tiempo Básico de Ciclo		7,94	
														T.A.M A+B+C+D		7,94	
														T.M		-	
NOTA: \bar{X} = Promedio V= Valoración T.B= Tiempo Básico T.A.M= Tiempo Manual T.M= Tiempo Máquina																	

SUPLEMENTOS POR DESCANSO		
Trabajador:	Hombre	
		%
Suplementos Constantes	Necesidades personales	5
	Básico por fatiga	4
Suplementos variables	Trabajo de pie	2
	Ruido	2
TOTAL		13

RESUMEN DE TIEMPOS	
TIEMPO BÁSICO	7,94
Tiempo manual	7,94
Tiempo de máquina	-
Suplementos por descanso	0,13
TIEMPO ESTÁNDAR	8,97
<i>Tiempo estándar de la operación</i>	8,97
<i>Tiempo estándar de transporte</i>	3,87



ESTUDIO DE TIEMPOS

Actividad: Desengome													Estudio Núm.: 1			
Operación: Desengome de las prendas (Eliminación de película celulosa)													Hoja: 1 de 1			
Producto: Pantalones desengomados													Termino:			
Material: Pantalones													Operario:			
tiempo: Minutos													Fecha: 15/11/2016			
Observado por: Ricardo Amán																
Nº	Actividad	Ciclos											Total	\bar{X}	V	TB
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
1	A	2,33	2,80	2,30	2,30	2,52	2,88	2,32	2,32	2,35	2,33	2,32	26,77	2,43	102	2,48
2	B	0,50	0,58	0,51	0,55	0,52	0,58	0,46	0,48	0,52	0,52	0,51	5,73	0,52	103	0,54
3	C	1,20	1,38	1,25	1,48	1,16	1,33	1,41	1,25	1,40	1,31	1,26	14,43	1,31	106	1,39
4	D	1,34	1,25	1,12	1,25	1,30	1,28	1,08	1,10	1,25	1,35	1,22	13,54	1,23	103	1,27
5	E	0,16	0,18	0,15	0,16	0,16	0,15	0,13	0,18	0,17	0,16	0,16	1,76	0,16	103	0,17
6	F	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	165,00	15,00	100	15,00
7	G	3,66	3,58	3,80	3,30	3,28	3,53	3,42	3,83	3,27	3,25	3,45	38,38	3,49	100	3,49
												Tiempo Básico de Ciclo		24,33		
												T.A.M A+B+C+D		9,33		
												T.M		15,00		

NOTA: \bar{X} = Promedio V= Valoración T.B= Tiempo Básico T.A.M= Tiempo Manual T.M= Tiempo Máquina

SUPLEMENTOS POR DESCANSO		
Trabajador:	Hombre	
		%
Suplementos Constantes	Necesidades personales	5
	Básico por fatiga	4
Suplementos variables	Trabajo de pie	2
	Ruido	5
TOTAL		16

RESUMEN DE TIEMPOS	
TIEMPO BÁSICO	24,33
Tiempo manual	9,33
Tiempo de máquina	15,00
Suplementos por descanso	0,16
TIEMPO ESTÁNDAR	28,22
<i>Tiempo estándar de la operación</i>	10,82
<i>Tiempo estándar de trasporte</i>	2,88



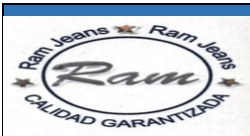
ESTUDIO DE TIEMPOS

Actividad: Stone													Estudio Núm.: 1			
Operación: Stone													Hoja: 1 de 1			
Producto: Pantalones - Stone													Termino:			
													Operario:			
Material: Pantalones													Fecha: 15/11/2016			
tiempo: Minutos													Observado por: Ricardo Amán			
Nº	Actividad	Ciclos											Total	\bar{X}	V	TB
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
1	A	2,70	2,42	2,53	2,87	2,58	2,74	2,34	2,83	2,32	2,75	2,64	28,73	2,61	102	2,66
2	B	1,25	1,20	1,35	1,16	1,34	1,20	1,42	1,25	1,16	1,40	1,22	13,95	1,27	103	1,31
3	C	1,70	1,53	1,32	1,70	1,60	1,75	1,42	1,70	1,63	1,70	1,55	17,61	1,60	106	1,70
4	D	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	495,00	45,00	1	45,00
5	E	3,82	3,42	3,16	3,70	3,26	3,35	3,63	3,20	3,37	3,70	3,45	38,06	3,46	103	3,56
Tiempo Básico de Ciclo															54,23	
T.A.M A+B+C+D															9,23	
T.M															45,00	

NOTA: \bar{X} = Promedio V= Valoración T.B= Tiempo Básico T.A.M= Tiempo Manual T.M= Tiempo Máquina

SUPLEMENTOS POR DESCANSO		
Trabajador:	Hombre	
		%
Suplementos Constantes	Necesidades personales	5
	Básico por fatiga	4
Suplementos variables	Trabajo de pie	2
	Ruido	5
TOTAL		16

RESUMEN DE TIEMPOS	
TIEMPO BÁSICO	54,23
Tiempo manual	9,23
Tiempo de máquina	45,00
Suplementos por descanso	0,16
TIEMPO ESTÁNDAR	62,91
<i>Tiempo estándar de la operación</i>	10,71
<i>Tiempo estándar de transporte</i>	-




ESTUDIO DE TIEMPOS

Actividad: Tenido														Estudio Núm.: 1			
Operación: Tenido de pantalones														Hoja: 1 de 1			
Producto: Pantalones Tenidos														Termino:			
Material: Pantalones														Operario:			
tiempo: Minutos														Fecha: 15/11/2016			
Observado por: Ricardo Amán																	
Nº	Actividad	Ciclos												Total	\bar{X}	V	TB
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1	A	1,16	1,20	1,18	1,16	1,34	1,44	1,16	1,25	1,32	1,42	1,26	1,33	15,22	1,27	103	1,31
2	B	4,78	4,14	4,30	4,16	4,88	4,37	4,12	4,32	4,63	4,86	4,28	4,56	53,40	4,45	103	4,58
3	C	0,82	0,74	0,65	0,70	0,72	0,72	0,88	0,75	0,80	0,70	0,75	0,70	8,93	0,74	106	0,79
4	D	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	240,00	20,00	100	20,00
5	E	5,90	5,42	5,60	5,24	5,33	5,08	5,84	5,43	5,55	5,12	5,16	5,35	65,02	5,42	103	5,58
														Tiempo Básico de Ciclo		32,26	
														T.A.M A+B+C+D		12,26	
														T.M		20,00	

NOTA: \bar{X} = Promedio V= Valoración T.B= Tiempo Básico T.A.M= Tiempo Manual T.M= Tiempo Máquina

SUPLEMENTOS POR DESCANSO		
Trabajador:	Hombre	
		%
Suplementos Constantes	Necesidades personales	5
	Básico por fatiga	4
Suplementos variables	Trabajo de pie	2
	Ruido	5
TOTAL		16

RESUMEN DE TIEMPOS	
TIEMPO BÁSICO	32,26
Tiempo manual	12,26
Tiempo de máquina	20,00
Suplementos por descanso	0,16
TIEMPO ESTÁNDAR	37,42
<i>Tiempo estándar de la operación</i>	14,22
<i>Tiempo estándar de transporte</i>	-

 ESTUDIO DE TIEMPOS															
Actividad: Fijación										Estudio Núm.: 1					
Operación: Fijación del color										Hoja: 1 de 1					
Producto: Pantalones fijados										Termino:					
										Operario:					
Material: Pantalones										Fecha: 15/11/2016					
tiempo: Minutos										Observado por: Ricardo Amán					
Nº	Actividad	Ciclos										Total	\bar{X}	V	TB
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	A	1,75	1,47	1,55	1,42	1,38	1,66	1,42	1,68	1,52	1,33	15,18	1,52	103	1,56
2	B	4,65	4,30	4,55	4,27	4,88	4,37	4,25	4,32	4,63	4,86	45,08	4,51	103	4,64
3	C	0,36	0,35	0,40	0,34	0,32	0,36	0,38	0,35	0,32	0,35	3,53	0,35	106	0,37
4	D	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	150,00	15,00	100	15,00
5	E	4,38	4,42	4,52	4,18	4,32	4,47	4,16	4,43	4,22	4,65	43,75	4,37	103	4,51
											Tiempo Básico de Ciclo		26,09		
											T.A.M A+B+C+D		11,09		
											T.M		15,00		
NOTA: \bar{X} = Promedio V= Valoración T.B= Tiempo Básico T.A.M= Tiempo Manual T.M= Tiempo Máquina															

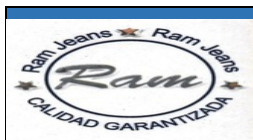
SUPLEMENTOS POR DESCANSO		
Trabajador:	Hombre	
		%
Suplementos Constantes	Necesidades personales	5
	Básico por fatiga	4
Suplementos variables	Trabajo de pie	2
	Ruido	5
TOTAL		16

RESUMEN DE TIEMPOS	
TIEMPO BÁSICO	26,09
Tiempo manual	11,09
Tiempo de máquina	15,00
Suplementos por descanso	0,16
TIEMPO ESTÁNDAR	30,26
<i>Tiempo estándar de la operación</i>	12,86
<i>Tiempo estándar de transporte</i>	-

 ESTUDIO DE TIEMPOS															
Actividad: Suavizado											Estudio Núm.: 1				
Operación: Suavizado											Hoja: 1 de 1				
Producto: Pantalones suavizados											Termino:				
Material: Pantalones											Operario:				
tiempo: Minutos											Fecha: 15/11/2016				
											Observado por: Ricardo Amán				
Nº	Actividad	Ciclos										Total	\bar{X}	V	TB
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	A	0,54	0,48	0,55	0,52	0,48	0,50	0,42	0,52	0,45	0,48	4,94	0,49	103	0,51
2	B	4,65	4,27	4,55	4,25	4,93	4,37	4,46	4,32	4,63	4,15	44,58	4,46	103	4,59
3	C	0,43	0,38	0,40	0,34	0,35	0,36	0,38	0,35	0,38	0,35	3,72	0,37	106	0,39
4	D	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	50,00	5,00	100	5,00
5	E	1,38	1,42	1,20	1,28	1,32	1,42	1,16	1,43	1,20	1,32	13,13	1,31	103	1,35
											Tiempo Básico de Ciclo		11,85		
											T.A.M A+B+C+D		6,85		
											T.M		5,00		
NOTA: \bar{X} = Promedio V= Valoración T.B= Tiempo Básico T.A.M= Tiempo Manual T.M= Tiempo Máquina															

SUPLEMENTOS POR DESCANSO		
Trabajador:	Hombre	
		%
Suplementos Constantes	Necesidades personales	5
	Básico por fatiga	4
Suplementos variables	Trabajo de pie	2
	Ruido	5
TOTAL		16

RESUMEN DE TIEMPOS	
TIEMPO BÁSICO	11,85
Tiempo manual	6,85
Tiempo de máquina	5,00
Suplementos por descanso	0,16
TIEMPO ESTÁNDAR	13,74
<i>Tiempo estándar de la operación</i>	7,94
<i>Tiempo estándar de transporte</i>	-



ESTUDIO DE TIEMPOS


Actividad: Centrifugado													Estudio Núm.: 1			
Operación: Centrifugado (Eliminación de humedad)													Hoja: 1 de 1			
Producto: Pantalones Centrifugados													Termino:			
													Operario:			
Material: Pantalones													Fecha: 15/11/2016			
tiempo: Minutos													Observado por: Ricardo Amán			
Nº	Actividad	Ciclos											Total	\bar{X}	V	TB
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
1	A	0,25	0,22	0,25	0,22	0,25	0,22	0,28	0,22	0,25	0,22	0,25	2,63	0,24	102	0,24
2	B	1,25	1,33	1,28	1,16	1,25	1,44	1,32	1,28	1,46	1,26	1,26	14,29	1,30	103	1,34
3	C	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	55,00	5,00	100	5,00
4	D	0,91	0,84	0,82	0,94	0,78	0,87	0,68	0,79	0,86	0,88	0,84	9,21	0,84	103	0,86
													Tiempo Básico de Ciclo		7,44	
													T.A.M A+B+C+D		2,44	
													T.M		5,00	
NOTA: \bar{X} = Promedio V= Valoración T.B= Tiempo Básico T.A.M= Tiempo Manual T.M= Tiempo Máquina																

SUPLEMENTOS POR DESCANSO

Trabajador:	Hombre	
		%
Suplementos Constantes	Necesidades personales	5
	Básico por fatiga	4
Suplementos variables	Trabajo de pie	2
	Ruido	5
TOTAL		16

RESUMEN DE TIEMPOS

TIEMPO BÁSICO	7,44
Tiempo manual	2,44
Tiempo de máquina	5,00
Suplementos por descanso	0,16
TIEMPO ESTÁNDAR	8,64
<i>Tiempo estándar de la operación</i>	2,84
<i>Tiempo estándar de transporte</i>	0,28

 ESTUDIO DE TIEMPOS																
Actividad: Secado													Estudio Núm.: 1			
Operación: Secado de pantalones													Hoja: 1 de 1			
Producto: Pantalones secos													Termino:			
													Operario:			
Material: Pantalones													Fecha: 15/11/2016			
tiempo: Minutos													Observado por: Ricardo Amán			
N°	Actividad	Ciclos											Total	\bar{X}	V	TB
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
1	A	0,25	0,22	0,22	0,24	0,20	0,24	0,22	0,22	0,23	0,20	0,22	2,46	0,22	102	0,23
2	B	0,22	0,20	0,22	0,18	0,23	0,22	0,25	0,22	0,20	0,22	0,22	2,38	0,22	103	0,22
3	C	0,88	0,76	0,85	0,82	0,80	0,92	0,77	0,86	0,86	0,96	0,84	9,32	0,85	103	0,87
4	D	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	495,00	45,00	100	45,00
5	E	0,42	0,40	0,48	0,42	0,53	0,45	0,42	0,43	0,45	0,48	0,51	4,99	0,45	103	0,47
													Tiempo Básico de Ciclo		46,79	
													T.A.M A+B+C+D		1,79	
													T.M		45,00	
NOTA: \bar{X} = Promedio V= Valoración T.B= Tiempo Básico T.A.M= Tiempo Manual T.M= Tiempo Máquina																

SUPLEMENTOS POR DESCANSO		
Trabajador:	Hombre	
		%
Suplementos Constantes	Necesidades personales	5
	Básico por fatiga	4
Suplementos variables	Trabajo de pie	2
	Ruido	5
TOTAL		16

RESUMEN DE TIEMPOS	
TIEMPO BÁSICO	46,79
Tiempo manual	1,79
Tiempo de máquina	45,00
Suplementos por descanso	0,16
TIEMPO ESTÁNDAR	54,28
<i>Tiempo estándar de la operación</i>	2,08
<i>Tiempo estándar de transporte</i>	0,26

ESTUDIO DE TIEMPOS															
												Estudio Núm.: 1			
Actividad: Clasificación												Hoja: 1 de 1			
Operación: Clasificación de los pantalones												Termino:			
Producto: Prendas clasificadas (talla, color)												Operario:			
Material: Pantalones												Fecha: 15/11/2016			
tiempo: Minutos												Observado por: Ricardo Amán			
Nº	Actividad	Ciclos										Total	\bar{X}	V	TB
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	A	3,74	3,25	3,31	3,26	3,84	3,34	3,12	3,45	3,17	3,24	33,72	3,37	103	3,47
2	B	1,26	1,32	1,08	1,16	1,25	1,12	1,35	1,14	1,06	1,24	11,98	1,20	103	1,23
3	C	3,18	3,36	3,62	3,25	3,87	3,28	3,75	3,34	3,06	3,17	33,88	3,39	103	3,49
												Tiempo Básico de Ciclo		8,20	
												T.A.M A+B+C+D		8,20	
												T.M		-	

NOTA: \bar{X} = Promedio V= Valoración T.B= Tiempo Básico T.A.M= Tiempo Manual T.M= Tiempo Máquina

SUPLEMENTOS POR DESCANSO		
Trabajador:	Hombre	
		%
Suplementos Constantes	Necesidades personales	5
	Básico por fatiga	4
Suplementos variables	Trabajo de pie	2
	Ruido	2
TOTAL		13

RESUMEN DE TIEMPOS	
TIEMPO BÁSICO	8,20
Tiempo manual	8,20
Tiempo de máquina	-
Suplementos por descanso	0,13
TIEMPO ESTÁNDAR	9,26
<i>Tiempo estándar de la operación</i>	9,26
<i>Tiempo estándar de transporte</i>	3,94