

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES COHORTE 2021

Tema: Optimización de los procesos productivos de cuero Wet - Blue en la empresa Hidalgo Curtiduría aplicando herramientas de Manufactura Esbelta

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de cuarto nivel de Magister en
Producción y Operaciones Industriales

Modalidad de titulación: Proyecto de desarrollo

Autor: Ing. Milton Andrés Bautista Romero

Director: Ing. Daysi Margarita Ortiz Guerrero, Mg.

Ambato – Ecuador

2023

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

El Tribunal receptor de la Defensa del Trabajo de Titulación presidido por la Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia, e integrado por los señores: Ingeniero César Aníbal Rosero Mantilla, Magíster. Y el Ingeniero Edison Patricio Jordán Hidalgo, Magíster., designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “Optimización de los procesos productivos de cuero Wet - Blue en la empresa Hidalgo Curtiduría aplicando herramientas de Manufactura Esbelta”, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Milton Andrés Bautista Romero, para optar por el Grado Académico de Magister en Producción y Operaciones Industriales; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg.
Presidente y Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. César Aníbal Rosero Mantilla, Mg.
Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Edison Patricio Jordán Hidalgo, Mg.
Miembro del Tribunal de Defensa

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “Optimización de los procesos productivos de cuero Wet - Blue en la empresa Hidalgo Curtiduría aplicando herramientas de Manufactura Esbelta”, le corresponde exclusivamente al: Ingeniero Milton Andrés Bautista Romero, Autor bajo la Dirección de la Ingeniera Daysi Margarita Ortiz Guerrero, Magister. Directora del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Milton Andrés Bautista Romero

C.C.: 050388648-3

AUTOR

Ing. Daysi Margarita Ortiz Guerrero, Mg.

C.C.: 1804403721

DIRECTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Milton Andrés Bautista Romero

C.C.: 050388648-3

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

Portada.....	i
A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.....	ii
CAPÍTULO I.....	14
1.1 Introducción.....	14
1.2 Justificación.....	16
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
CAPÍTULO II.....	18
2.1 Antecedentes investigativos.....	18
2.2 Fundamentación teórica.....	19
2.2.1 Manufactura esbelta.....	19
2.2.2 Objetivos de la manufactura esbelta.....	20
2.2.3 Tipos de desperdicios.....	20
2.2.4 Los siete desperdicios.....	21
2.2.5 Herramientas de la manufactura esbelta.....	23
2.2.6 5s para el mejoramiento continuo.....	24
2.2.7 Just-in-time.....	24
2.2.8 Takt time.....	25
2.2.9 Estudio del trabajo.....	25
2.2.11 TPM (Total Productive Maintenance).....	27
2.2.12 Kanban.....	28
CAPÍTULO III.....	35
3.1 Ubicación.....	35
3.2 Equipos y materiales.....	35
3.3 Tipo de investigación.....	35
3.3.1 Enfoque cuantitativo.....	35
3.3.2 Enfoque no experimental.....	36
3.3.3 Enfoque bibliográfico documental.....	36
3.3.4 Enfoque descriptivo.....	36
3.4 Hipótesis – idea a defender.....	37
3.4.1 Hipótesis de investigación.....	37
3.4.2 Hipótesis nula.....	37
3.5 Población y muestra.....	37
3.6 Recolección de información.....	38

3.6.1	Ficha de observación	38
3.6.2	Cursograma analítico de procesos	38
3.6.3	Formato estudio de tiempos del proceso.....	38
3.7	Procesamiento de la información y análisis estadístico	39
3.8	Variables respuesta o resultados alcanzados	39
CAPÍTULO IV		41
4.1	Descripción de la empresa.....	41
4.1.1	Misión de la empresa	41
4.1.2	Visión de la empresa.....	41
4.1.3	Valores de la empresa.....	41
4.1.4	Productos elaborados	41
4.2.1	Identificación del proceso.....	43
4.2.2	Observación del proceso.....	44
4.2.3	Diagrama de flujo del proceso	45
4.2.4	Desperdicios identificados.....	46
4.2.5	Ratios de operaciones (tiempo).....	47
4.2.6	Ratios de operaciones (eventos)	48
4.2.7	Estudio de tiempos.....	48
4.2.8	Mapa de flujo de valor (VSM) actual	63
	LAY OUT propuesto.....	72
4.4.2	Takt time vs tiempo de ciclo propuesto	75
4.4.3	Mapa de flujo de valor (VSM) mejorado.....	76
CAPITULO V.....		100
5.1	Conclusiones.....	100
5.2	Recomendaciones	101
5.3	Bibliografía.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		Página
Tabla 1	Etapas de la metodología SMED.....	28
Tabla 2	Reglas de la metodología KANBAN.....	30
Tabla 3	Tamaño de la población de estudio.....	38
Tabla 4	Productos elaborados en curtiduría Hidalgo.....	29
Tabla 5	Subprocesos y actividades: cuero curtido Wet-Blue.....	30
Tabla 6	Tiempos observados en el proceso.....	34
Tabla 7	Estándar General Eléctric Company.....	36
Tabla 8	Número de ciclos a considerar por actividad.....	36
Tabla 9	Valoración ritmo de trabajo – método de nivelación.....	39
Tabla 10	Condiciones y peso procesado en los subprocesos.....	42
Tabla 11	Demanda de bandas de cuero curtido 2021.....	44
Tabla 12	Tiempo de permanencia por subproceso.....	51
Tabla 13	Pesos de los aspectos.....	54
Tabla 14	Matriz de alternativas para decisión.....	55
Tabla 15	Matriz valorada de alternativas para decisión.....	55
Tabla 16	Designación de áreas.....	57
Tabla 17	Escala de valores proximidad y códigos.....	57
Tabla 18	Código de razón.....	57
Tabla 19	Resumen de números de relaciones.....	59
Tabla 20	Incremento de producción.....	62
Tabla 21	Etapas de implementación del TPM.....	67
Tabla 22	Inventario de equipos.....	70
Tabla 23	Eficiencia global de equipos.....	77
Tabla 24	Información para cálculo del OEE.....	79
Tabla 25	Efectividad global de equipos (OEE).....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
Figura 1	Ejemplo Value Stream Mapping.....	21
Figura 2	Resultados de la observación del proceso.....	31
Figura 3	Diagrama de flujo del proceso.....	32
Figura 4	Desperdicios identificados en el proceso.....	33
Figura 5	Estudio de tiempo básico ciclos en minutos.....	37
Figura 6	Estudio de tiempo básico ciclos en horas.....	38
Figura 7	Tiempo básico.....	40
Figura 8	Suplementos y holguras.....	41
Figura 9	Tiempo estándar.....	43
Figura 10	Takt time cuero curtido Wet-Blue.....	44
Figura 11	Takt time / tiempo de ciclo (segundos/unidad).....	45
Figura 12	Tiempo de ciclo (Niebel) vs takt time.....	46
Figura 13	Takt time vs tiempo de ciclo (Niebel).....	46
Figura 14	Tiempo disponible para la demanda.....	47
Figura 15	Pared de balanceo – MURA y MURI	47
Figura 16	Análisis pared de balanceo.....	48
Figura 17	LAY OUT.....	49
Figura 18	Tiempo estándar actual por lote de producción.....	50
Figura 19	VSM actual.....	52
Figura 20	Asignación de herramientas de mejora.....	53
Figura 21	Diagrama de relaciones.....	58
Figura 22	Diagrama de relaciones entre actividades.....	59
Figura 23	Lay Out propuesto.....	60
Figura 24	Evaluación actividades que no agregan valor.....	61
Figura 25	Takt time vs tiempo de ciclo propuesto.....	62
Figura 26	Tiempo estándar mejorado por lote.....	63
Figura 27	VSM mejorado.....	65
Figura 28	Organización del TPM curtiduría Hidalgo.....	69
Figura 29	Características técnicas divididora.....	70
Figura 30	Características técnicas bombo de remojo-pelambre.....	71

Figura 31	Características técnicas bomba de alimentación.....	71
Figura 32	Características técnicas filtro compactador.....	72
Figura 33	Características técnicas escurridora.....	72
Figura 34	Características técnicas descarnadora.....	73
Figura 35	Características técnicas bomba dosificadora.....	73
Figura 36	Características técnicas bombo de curtido.....	74
Figura 37	Características técnicas rebajadora.....	74
Figura 38	Plan maestro del mantenimiento productivo total.....	76
Figura 39	Formato reporte de fallas de equipos.....	77
Figura 40	Distribución de los tiempos para aplicación del OEE.....	78
Figura 41	Fórmulas para indicadores OEE proceso cuero curtido Wet-Blue.....	78
Figura 42	Mantenimiento autónomo Bombo remojo – pelambre.....	80
Figura 43	Mantenimiento autónomo filtro compactador.....	80
Figura 44	Mantenimiento autónomo descarnadora.....	81
Figura 45	Mantenimiento autónomo divididora.....	81
Figura 46	Mantenimiento autónomo bombo de curtido.....	82
Figura 47	Mantenimiento autónomo escurridora.....	82
Figura 48	Mantenimiento autónomo rebajadora.....	83
Figura 49	Mantenimiento autónomo bomba de alimentación.....	83
Figura 50	Mantenimiento autónomo bomba dosificadora.....	84
Figura 51	Estructura y secuencia para el mantenimiento autónomo.....	84
Figura 52	Formato plan de mantenimiento.....	85

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todas sus bendiciones, a la Facultad de Ingeniería en Sistemas, electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato por haberme formado académicamente con docentes que guiaron mis pasos para formarme como profesional y como persona.

A mi tutora M.Sc. Daysi Margarita Ortiz Guerrero por su guía y apoyo en la elaboración de mi proyecto de titulación. A mi familia por su apoyo incondicional en mi etapa estudiantil.

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mis papás Edmundo Bautista y Carmita Romero porque me han brindado bendiciones y sabiduría para salir adelante en cada etapa de mi vida. A mi hermana Nicole quien ha sido mi compañera y amiga que siempre me brindó su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos a lo largo de mi vida.

A mi querida novia quien siempre me apoyo con sus consejos y palabras de aliento para seguir adelante. A mi abuelita Hipatia quien fue como mi segunda madre y desde cielo siempre me envió bendiciones para cumplir con mis objetivos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA
E INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES
COHORTE 2021

TEMA:

OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE CUERO WET -
BLUE EN LA EMPRESA HIDALGO CURTIDURÍA APLICANDO
HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA

MODALIDAD DE TITULACIÓN: PROYECTO DE DESARROLLO

AUTOR: ING. MILTON ANDRÉS BAUTISTA ROMERO

DIRECTOR: ING. DAYSI MARGARITA ORTIZ GUERRERO

FECHA: 16 DE FEBRERO DEL 2023

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación está enfocado en la optimización de los procesos productivos de cuero curtido Wet-Blue aplicando herramientas de manufactura esbelta. Se identificó los desperdicios generados en el proceso y las herramientas a utilizar, se definió la propuesta de aplicación a través de un sistema de manufactura esbelta. Con la información que se obtuvo en el diagrama de flujo, ficha de observación, estudio de tiempos, diagrama de recorrido (Lay Out) se constató la existencia de actividades que no están correctamente distribuidas y controladas y que no agregan valor al proceso, lo que ocasiona un proceso desbalanceado. Con el análisis realizado y el estudio de las herramientas de manufactura esbelta se seleccionaron los métodos adecuados para cambios importantes en el proceso de producción que permitan reducir tiempos de ciclo mediante la eliminación de actividades que no agregan valor. Se propuso la aplicación de herramientas de manufactura esbelta basado en la eliminación de actividades innecesarias que representaría para el proceso de

cuero curtido Wet-Blue un aumento de su producción del 24,07%. Además, con el tiempo de ciclo propuesto el proceso tarda 1206 segundos por unidad, con una brecha del 4% respecto del takt time que es de 1317 segundos por unidad, en este sentido se podrá satisfacer las capacidades del mercado al ser el tiempo del ciclo menor que el tiempo del takt time. La gestión estratégica de la curtiduría Hidalgo es importante para lograr el éxito y la sostenibilidad en el tiempo, en este sentido la propuesta de implementación del mantenimiento productivo total TPM tiene influencia significativa en la productividad, confiabilidad y disponibilidad de los equipos de producción.

Descriptor: Cuero curtido, manufactura esbelta, SMED, TPM

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 Introducción

La industria del cuero mantiene su posición en los mercados internacionales y nacionales, juega un papel activo en el crecimiento económico de países exportadores de productos de cuero terminados, esta industria necesita transformarse de su uso tradicional a una industria modernizada con los últimos desarrollos tecnológicos [1] citado por [2]

En la actualidad muchas de las empresas tienen un enfoque en el ámbito de la gestión organizacional en donde se abarca la aplicación de la metodología de manufactura esbelta, con esta metodología se busca optimizar los procesos de producción con el fin de mejorar la calidad con la disminución de las pérdidas en desperdicios de materia prima, energía, recursos humanos, etc. Esta metodología se aplicó a principios de los años 90 como un preámbulo de lo que sería una gran herramienta dentro de la optimización de procesos [3].

El estudio de la metodología de manufactura esbelta depende de la aplicación de técnicas y actividades que se desarrollan con un principio fundamental que es reducir actividades que generen desperdicios y que no agregan valor [4], se busca demostrar la efectividad en la aplicación de esta metodología que se considera de vital importancia para la optimización de recursos en función del estudio de las pérdidas económicas por causa de desperdicios en la producción, este análisis se lo desarrolla con la aplicación de la toma de tiempos dentro de cada proceso con el fin de establecer retrasos en la producción, además el control del uso de la materia prima y de los recursos [5].

Existen varias herramientas para la aplicación de este estudio que van en función de los desperdicios generados, puede ser mediante un enfoque de Muda (verificación de actividades o utilización de recursos que no agregan valor para los objetivos del

proceso en una organización) o Muri (utilización irracional de los recursos en una organización), para ello es importante la elaboración de una breve descripción de la implementación de un plan de mejoras dentro de la empresa como por ejemplo el involucramiento de los directivos para la discusión de la visión de la implementación de esta metodología; y, además de comunicar este plan a toda la organización se debe clasificar los problemas de calidad del producto, así como los tiempos de espera denominados tiempos muertos [6].

En este sentido cabe destacar que en los últimos años el sector empresarial en nuestro país ha tenido un declive económico debido a distintos factores, el más importante el tener que subsistir a una pandemia mundial que afecta directamente a todos los sectores empresariales, como es el caso de la empresa ambateña Hidalgo Curtiduría dedicada al curtido de cuero y que ha atravesado distintas crisis económicas desde su creación, pero en los últimos tres años han tenido pérdidas significativas en consecuencia de la paralización de las actividades por la pandemia, así mismo un declive total en sus ventas por problemas en la calidad de sus productos y los desperdicios generados durante sus procesos.

Por ello la empresa busca eliminar retrasos en las entregas debido a que en el área de terminado se presentan cuellos de botella producidos por las demoras; además, se identifica como problema principal el proceso de saneado, enfocado en la limpieza profunda de la piel, como uno de los que más desperdicio origina en materia prima debido al tiempo utilizado durante su realización. Por otro lado, también se identificó un alto desperdicio energético por el consumo excesivo de energía para la operación de maquinaria producto del mal cálculo en los tiempos utilizados entre procesos del curtido.

En el desarrollo de este trabajo se incluyen los antecedentes investigativos dentro de la problemática especificada, la fundamentación teórica usada como un preámbulo de lo que se desarrolló especificada en el capítulo 2, dentro del capítulo 3 se especifica los enfoques inmersos en el estudio, la recolección de la información, el procesamiento y el análisis de los datos. Se realizó un análisis crítico de los resultados obtenidos para finalmente establecer las conclusiones del trabajo, esto se especifica en los capítulos 4 y 5 respectivamente.

1.2 Justificación

En la actualidad pocas empresas analizan las pérdidas económicas producidas por los desperdicios generados dentro de sus procesos productivos, por tal motivo este proyecto investigativo pretende analizar y reducir los desperdicios generados en el proceso de obtención del cuero curtido Wet-blue en el área de curtido de la empresa Hidalgo Curtiduría, es necesario resaltar que las provincias de mayor actividad en lo relacionado a las actividades artesanales de curtiembre, productos de cuero y calzado son Tungurahua, Imbabura, Azuay y Cotopaxi. La provincia de Tungurahua representa el 75,6% de la actividad artesanal total del sector. Sus principales talleres se localizan en los cantones de Ambato, Quisapincha, Baños y Cevallos. La provincia de Imbabura representaría 13,2%; Azuay, 4,3%; y Cotopaxi 4,0%. En las restantes provincias del Ecuador, la producción de artesanías de cuero y afines es mínima: 2,9% [7]; los beneficios del presente estudio de optimización de recursos gracias a la aplicación de la metodología de manufactura esbelta generarán mayor productividad y de esta manera la empresa podrá ser más competitiva dentro del mercado.

Para la realización de este trabajo investigativo se tomaron en cuenta los datos estadísticos claves para analizar la disminución de desperdicios como la materia prima y el alto consumo energético, de esta manera se reducirá las pérdidas económicas ocasionadas por el derroche de los recursos ya mencionados.

Las consecuencias del desperdicio de estos recursos a largo plazo tendrían un impacto negativo para el crecimiento de la empresa, ya que, al originarse cantidades altas de desperdicio de materia prima y producto terminado la rentabilidad disminuye, así mismo el desperdicio energético incurre un gasto alto dentro de los costos de operación, por ende estas falencias afectan de manera significativa al crecimiento económico de la organización y el cumplimiento de objetivos operacionales de la empresa.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Optimizar los procesos de producción de cuero curtido Wet-blue en la empresa

Hidalgo Curtiduría mediante la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar los desperdicios generados en el proceso productivo para la aplicación del modelo de manufactura esbelta en la optimización de recursos.
- Identificar las herramientas de manufactura esbelta más apropiadas para reducir o eliminar los desperdicios generados.
- Elaborar una propuesta de aplicación de las herramientas seleccionadas para reducir los desperdicios identificados.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1 Antecedentes investigativos

La metodología de manufactura esbelta es considerada como una poderosa herramienta en el mejoramiento de procesos de manufactura y en la eliminación de actividades que no agregan valor a los productos, con base en un artículo que busca reducir los tiempos de entrega, valor agregado minimizando y la eliminación de los cuellos de botellas generados dentro de la producción bajo un estudio de tiempos con un análisis del Takt Time además se usaron herramientas como diagrama de espina de pescado, diagrama de Pareto y optimización de diseño para una reducción 15 a 16 min en las actividades de los procesos productivos [8].

Existen otros métodos estudiados como la implementación de un método denominado producción ajustada con el fin de reducir los desechos, para ello el autor ha implementado la gestión visual como mecanismo de estudio, bajo este parámetro se desea encontrar las herramientas de visualización mediante el método de la observación in situ, con esto se podrá comprender de mejor manera las características de las herramientas de gestión visual dentro de los procesos [9]. Estas herramientas son muy usadas en pequeñas y medianas industrias en el artículo analizado el autor se enfoca en establecer la implementación de manufactura esbelta en industrias de fabricación de bandas de mediana escala, con este estudio logró disminuir el tiempo de entrega 1256 min y el incremento en la producción del 9% [10].

La aplicación de conceptos de manufactura esbelta en los procesos de una línea de ensamble automotriz está enfocada en la implementación de una de las herramientas con el objetivo de garantizar las buenas prácticas en el ámbito de la seguridad ocupacional optimizando el entorno laboral en una industria de productores de automóviles [11]. Se tomó como referencia a un artículo que describe las técnicas de mejoramiento en la calidad bajo las herramientas existentes de la manufactura esbelta en la industria de la construcción en donde se tienen muy buenas referencias para mejorar el sistema productivo, los autores estudiaron cada herramienta logrando la

reducción de desperdicios [12].

Un estudio basado en la revisión y análisis de la literatura de manufactura esbelta tomando en consideración un análisis comparativo de la actualidad con la recesión a principios del XXI para especificar las técnicas, definiciones, objetivos y herramientas a través de estudios empíricos, muestran un gran avance en las nuevas técnicas para el mejoramiento de la calidad dentro de los procesos productivos [13]. Cada día son más las empresas que implementan las herramientas de manufactura esbelta para lograr la competitividad dentro del mercado nacional e internacional creando una cultura de organización en todas las actividades.

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Manufactura esbelta

Cuando hablamos de manufactura esbelta decimos que está enfocado en el mejoramiento de la calidad dentro de las actividades de los procesos productivos con el fin de disminuir las pérdidas mediante un enfoque en la gestión organizacional. Debemos tener en cuenta que este enfoque relaciona a todas las actividades inmersas dentro del proceso desde la planificación, la elaboración del producto y finalmente su comercialización, la aplicación de este enfoque se lo ha venido desarrollando desde principios de los 90 en las empresas japonesas quienes son los pioneros en el desarrollo de nuevas metodologías dentro de la producción, todo esto surgió con la necesidad de reducir operaciones que no aportan valor adicional al producto con el fin de ser más competitivos dentro del mercado. Las herramientas que conforman la metodología de la manufactura esbelta se las debe aplicar en función de la naturaleza de la empresa, el dimensionamiento de la planta y los alcances tecnológicos del sector [14].

La mayoría de las empresas implementan las 5S de calidad y otras herramientas de gestión visual según lo mencionado por Womack, también mencionó que las industrias americanas en su mayoría utilizan el Six-sigma además otra herramienta muy utilizada es Value Stream Mapping (VSM) [15]. La implementación lean dentro de las empresas ha tenido resultados notorios, por ejemplo un estudio realizado en fábricas de ensamblaje de automóviles han notado una gran diferencia en cada una de sus plantas y mediante un estudio de ritmo de producción y ritmo de implementación

lean han logrado tener resultados asombrosos como la comparativa de sus plantas en la que algunas ensamblaron una unidad en cuestiones de minutos y en la otra planta una unidad similar en horas variando así sus tasas de producción [16].

2.2.2 Objetivos de la manufactura esbelta

El principal objetivo de la manufactura esbelta es implantar una filosofía de mejora continua que permita a las organizaciones reducir los costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad [17].

La manufactura esbelta proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida; específicamente la manufactura esbelta:

- Reduce la cadena de desperdicios dramáticamente
- Reduce el inventario y el espacio en el piso de producción
- Crea sistemas de producción más robustos
- Crea sistemas de entrega de materiales apropiados
- Mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad [17].

2.2.3 Tipos de desperdicios

Los desperdicios generados dentro de los procesos productivos se los identifica con las tres M, que son términos usados para identificarlos, uno de ellos son las mudas que se definen como todas las actividades que no generen un valor agregado al producto y que consume recursos en las actividades de producción sabiendo que la eliminación de desperdicios genera eficiencia y aumenta considerablemente la rentabilidad, la sobreproducción es uno de los problemas identificados, los inventarios con la acumulación de materiales, tiempos de espera que son los tiempos perdidos en las actividades de las personas o máquinas y movimientos innecesarios de los trabajadores por el área de producción [24]. Otro termino usado para identificar desperdicios son las muras que hace referencia a la producción la cual no ha sido demandada por el cliente generado un desequilibrio en el proceso [25]. Por último, tenemos al termino

muri que identifica a los famosos cuellos de botella que es la acumulación de actividades dentro de los procesos de producción y los tiempos muertos, como conclusión cuando el proceso se encuentra en desequilibrio quiere decir que los tres términos van juntos [26].

2.2.4 Los siete desperdicios

Taiichi Ohno, manifiesta que desperdicio es todo lo que directamente no agrega valor al producto final o que no contribuye a la elaboración de los productos, esto es lo que pretende eliminar la filosofía de administración Lean. Jim Womack manifiesta que la manera eficaz de reconocer los desperdicios en una organización es vislumbrando lo que significa el valor para la empresa [2].

Los siete desperdicios implican el 95 % del tiempo total de un proceso que no se agrega valor al producto, en este sentido, se debe reducir y/o separar todo lo que no agrega valor y que el cliente no va a pagar [2].

Desperdicio por movimientos: Este se da porque en los procesos de producción y/o servicio, en las diferentes áreas de la empresa, el talento humano requiere realizar excesivas actividades para coger las partes productivas, herramientas o ejecutar excesivos movimientos de un lugar a otro para ejecutar su actividad [17].

- Distribución y ordenación de los puestos de trabajo deficientes.
- Dimensión de las tareas mal balanceadas.
- Industria visual no implementada.
- Estandarización de tareas y actividades no realizadas.

Desperdicio por transportación: Se refiere a excesivos movimientos en el transporte de materiales, entre puestos de trabajo, áreas de producción, bodegas, etc. [17].

- Extensas distancias entre procesos o áreas de trabajo.
- Extensas distancias entre áreas de almacenamiento en proceso y terminados.
- Los proveedores de materiales sin rutas y sin programas de aprovisionamiento.
- Áreas de almacenamiento en las secciones de producción o fuera de ellas.

- Trayectos excesivos entre las áreas de recepción de material y las áreas de los usuarios.
- Control y gestión de inventarios excesivos.

Desperdicio por corrección: Todo lo que tiene que ver con reprocesos, arreglo o regeneración que se realice al producto terminado o en proceso debido a problemas de calidad; de la misma manera la inspección excesiva como efecto de evitar problemas en lugar de su eliminación [17].

- Deficiente retroalimentación sobre los problemas de calidad que se presentan.
- Sobre inspección, en la recepción de materiales, en las áreas de trabajo o fuera de las áreas de trabajo.
- Los reprocesos son vistos como procesos aceptables dentro de las operaciones.
- Mecanismos a prueba de errores con poca efectividad.
- Trabajo realizado no estandarizado, lo que genera una excesiva variabilidad en el proceso.
- Ineficaz mantenimiento a los equipos y/o herramientas.

Desperdicio por inventario: Alto volúmenes de materias primas productivas y materias primas industriales [17].

- Concepción de producir en masa, baches o excesivos subensambles entre las áreas de trabajo.
- Despachos poco eficientes de materias primas, ensambles o subensambles internos y externos.
- Los planes de producción no se coordinan entre responsables de cada proceso.
- La fábrica visual no es utilizada para realizar el respectivo control del proceso, por ejemplo: mínimos y máximos; marcación de las áreas de trabajo, flujos de proceso, etc.

Desperdicio por espera: Son los tiempos muertos entre procesos y/o departamentos de trabajo [17]

- Espera para la recepción de soporte por inconvenientes en las máquinas, información y/o materias primas.
- Inefectividad del equipo y excesivas paralizaciones de los equipos y maquinarias.
- Contenidos de las tareas y actividades no balanceadas.
- Reuniones sin disciplina.

Desperdicio por sobre procesamiento: Fabricación o producción más de lo especificado en el plan o programa de producción [17].

- El estándar de producción no es conocido o no es entendible para la mano de obra. Por Ejemplo: colocar más sello de lo solicitado, soldar donde no es necesario hacerlo, pintar áreas que no establecidas, ensamblar componentes no requeridos, exceso de inspecciones de características que no son relevantes para los clientes, etc.
- La planificación de producción no se conoce o no es entendible para el personal operativo. Por ejemplo: provisión materias primas más de lo requerido, almacenamiento de materiales en lugares no requeridos, ocupación de equipos más de lo necesario.
- Inexistentes ayudas visuales como soporte al personal operativo.
- El concepto "Más es Mejor" es usado a diario.

Desperdicio por sobreproducción: Hacer más, entregar más pronto y hacerlo más rápido de lo requerido por el siguiente proceso. [17].

- Pérdidas por operaciones o equipos "Cuello de Botella".
- Se produce por lotes y no por secuencia.
- Se descarga/surte por "críticos" y no por requerimientos.
- Búsqueda de subensamble, materiales no almacenados o perdidos.
- Exceso de subensamble como indisciplina al NO Cumplimiento del "Bell ti Bell".

2.2.5 Herramientas de la manufactura esbelta

La manufactura Esbelta es el conjunto de herramientas que sirven para identificar y eliminar los desperdicios como la sobre producción, el tiempo, inventarios, defectos,

procesos, etc., todo lo que conlleva la (muda) en procesos para esto se puede emplear una herramienta que ayuda a la mejora continua; otro enfoque está en función de la variabilidad, quiere decir en los altos y bajos en la producción, paradas y arranques y las irregularidades dentro de los procesos (mura), para ello se debe identificar los problemas más agudos con el fin de implementar la herramienta más adecuada [14].

2.2.6 5s para el mejoramiento continuo

Esta herramienta consiste en cinco elementos básicos que son: selección, sistematización, limpieza, normalización y autodisciplina, estos elementos permiten crear buenos hábitos dentro de los integrantes de la empresa para el cumplimiento de una cultura de calidad dentro de los procesos, esta herramienta tiene sus inicios en la industria japonesa siendo de mucho impacto hasta la actualidad por su agilidad y simplicidad al momento de aplicarlas [15]. Esta metodología de las 5S busca optimizar el ambiente del lugar de trabajo mejorando la organización, el orden y la limpieza de manera permanente para mejorar la productividad y la calidad de los productos [16]. En el Ecuador aun muchas empresas no se comprometen en el mejoramiento continuo bajo las experiencias de las 5S con el fin de lograr un compromiso de obtener productos de calidad, con un mejor ambiente en el ámbito laboral tratando de ser más competitivos dentro del mercado internacional [17].

2.2.7 Just-in-time

La técnica en el sistema de producción Just in Time se desarrolló en Japón por Taichi Ohno quien fue el primer vicepresidente de Toyota Motor Corporation, esta técnica se originó con la necesidad de reducir costos a través de la eliminación de los desperdicios, esta técnica utiliza el método que intenta fabricar los productos necesarios en función de las cantidades requeridas y al tiempo preciso, el Just in Time se considera una filosofía dentro de la producción con el fin de tener una mejor perspectiva de ver las cosas es así que permite adquirir los materiales necesarios dentro de cada fase del proceso productivo para así una vez terminado el producto llegue a los clientes en las cantidades solicitadas y en el tiempo establecido [21].

2.2.8 Takt time

El termino takt viene del idioma alemán, donde su significado es latido, por ello se entiende que el takt time es el periodo de tiempo estipulado en la producción de un producto, también conocido como tasa de suministro, para que coincida con la tasa a la que pertenece un producto como la tasa de necesidad. De esta manera la planificación takt tiene como principal objeto la construcción de la estabilidad dentro de los tiempos de producción, por medio de la implementación de un proceso en donde se plantean actividades alineadas en la estrategia de producción planteada por la empresa, que a su vez debe concordar con los objetivos generales de la misma, para que posteriormente esta estrategia deberá transformarse en un plan de producción, y finalmente ser un programa finalizado para la producción [22].

2.2.9 Estudio del trabajo

En el estudio de trabajo se pretende realizar un examen sistemático de las técnicas para la ejecución de las tareas con el objetivo de optimizar el uso de los recursos y establecer una normativa para mejorar el rendimiento en relación con las actividades que se realizan en el área de producción. Mediante el estudio de trabajo se puede modificar los tiempos con el fin de simplificar el método operativo lo más importante es la detección de movimientos inútiles y así disminuir los tiempos de producción, esto se lo realiza con la herramienta de la toma de tiempos para la obtención del tiempo estándar dentro de toda la producción es decir el tiempo que se requiere para la obtención de un producto y así poder tomar decisiones [23].

2.2.10 SMED (Single-Minute Exchange of Die)

SMED es el acrónimo de "*Single-Minute Exchange of Dies*", que enuncia que los cambios de formatos o herramientas requeridos para cambiar de un lote a otro, se puede realizar en un tiempo menor a 10 minutos [18], citado por [2].

El SMED "*Single-Minute Exchange of Die*, es decir, cambio de herramienta en un solo dígito de minutos", es una técnica de mejoramiento continuo que permite minimizar los tiempos de cambio de herramientas de manera considerable, lo que se convierte en un aumento de flexibilidad, productividad y eficiencia [18], citado por [2].

- **Observar y comprender el proceso de cambio de lote.** -El proceso de cambiar un lote fluye desde el último elemento correcto del lote anterior hasta el primer elemento correcto del lote siguiente [18], citado por [2].
- **Identificar y separar las operaciones internas y externas.** -Las operaciones internas son aquellas que se deben realizar cuando la máquina se encuentra parada. Las operaciones externas son las que se pueden realizar con la máquina funcionando [18], citado por [2].
- **Convertir las operaciones internas en externas.** - En esta fase las operaciones externas pasan a realizarse fuera del tiempo de cambio, reduciéndose el tiempo invertido en dicho cambio [18], citado por [2].
- **Depurar todos los aspectos de la preparación.** - Este punto busca el mejoramiento de todas las operaciones, internas como externas, esto con el propósito de minimizar al máximo los tiempos utilizados en los cambios y preparación de la máquina [18], citado por [2].
- **Estandarizar el nuevo procedimiento.** - La última fase busca mantener en el tiempo la nueva metodología desarrollada. Para ello se genera documentación sobre el nuevo procedimiento de trabajo, que puede incluir documentos escritos, esquemas o nuevas grabaciones de vídeo [18], citado por [2].

[19], citado por [2] describen también que las fases a seguir para la implementación de la metodología SMED se aprecian en la tabla 1:

TABLA 1. ETAPAS DE LA METODOLOGÍA SMED

Preparar	Elegir el problema
	<ul style="list-style-type: none">- Determinar el cambio de útiles- Designar el grupo de trabajo- Planificar las fechas de las reuniones
	Observar la situación actual
	<ul style="list-style-type: none">- Grabar y asignar las tareas de visualización- Descomponer el cambio de útiles- Separar las operaciones internas y externas
Desarrollar	Analizar las causas
	<ul style="list-style-type: none">- Determinar las funciones reales de cada operario
	Proponer mejoras
Comprobar	<ul style="list-style-type: none">- Proponer ideas para transformar las operaciones internas en externas- Proponer ideas para racionalizar las operaciones internas restantes- Proponer ideas para racionalizar las operaciones externas
	Aplicar las mejoras
	<ul style="list-style-type: none">- Establecer un plan de acciones detallado- Realizar las mejoras técnicas- Escribir el procedimiento provisional del cambio rápido de útiles
Asegurar	Verificar los resultados
	<ul style="list-style-type: none">- Realizar un cambio rápido de útiles siguiendo el procedimiento provisional- Medir el tiempo real del nuevo cambio de útiles
	Establecer las reglas de trabajo
	<ul style="list-style-type: none">- Escribir el procedimiento definitivo del cambio rápido de útiles
	Dar continuidad
	<ul style="list-style-type: none">- Asegurar la formación del personal- Organizar el seguimiento
	<ul style="list-style-type: none">- Realizar otros trabajos en el marco del plan de mejora

2.2.11 TPM (Total Productive Maintenance)

El TPM es una filosofía de fabricación innovadora, diseñada para maximizar la eficiencia de los sistemas de producción, mediante la eliminación de las pérdidas en toda su vida, a través de la intervención y motivación de toda la fuerza de trabajo, haciendo que se involucre y participe todo el talento humano de la organización, desde la alta dirección hasta el personal operativo de la planta, fomentando principalmente

el mantenimiento autónomo del personal operativo mediante actividades diarias que implican a toda la empresa, se define al TPM como un enfoque y nueva actitud hacia el mantenimiento [20].

Pilares del TPM

Para [21], los pilares del TPM son:

- **Mejora de equipos y procesos:** Enfoque claro de la mejora deseada en los procesos.
- **Mantenimiento autónomo:** Consiste en la razón de la filosofía TPM, autogestión y control.
- **Mantenimiento planificado:** Planificar y controlar de manera efectiva el mantenimiento, con planificaciones diarias y planificaciones de paradas.
- **Relaciones personales:** Mejoran las habilidades técnicas y de administración del personal de mantenimiento, mediante la educación y la capacitación.
- **Manejo temprano de nuevo equipo:** Asistencia al talento humano del área de mantenimiento desde la creación de nuevos proyectos o adquisiciones.
- **Gestión de la calidad del proceso:** Establecimiento de un programa cero defectos.
- **TPM en la oficina:** Eficiencia y participación de la gestión del programa TPM.

2.2.12 Kanban

Es una técnica de gestión de producción basada en un sistema pull (halar) que se fundamentan en la autogestión de los procesos, eliminando la programación centralizada. Se produce y transporta lo que se demanda en los procesos consumidores, manteniendo en rotación sólo aquellas cantidades que garantizan la continuidad del consumo. Cuando se interrumpe el consumo se detiene la producción. Con la metodología Kanban se reduce el sistema de información, ya que no se requiere elaborar el plan detallado para la subdivisión productiva o para cada proceso. En su lugar, basta con informar a la línea de montaje final o proceso terminal. Esto puede expresarse como: “El proceso siguiente retira las piezas (trabajo) del proceso anterior” [22].

De manera habitual se describen dos formas para implementar este sistema: Kanban Simple (individual) o Kanban Doble. Ambas formas utilizan tarjetas para controlar el flujo de materiales en las áreas de trabajo. La diferencia básica entre ambas formas consiste en el proceso de transporte entre áreas de trabajo, que supone es instantáneo en el Kanban Simple y controlado por tarjetas en el Kanban Doble [23], citado por [2].

Para [24], la metodología Kanban está basada en un conjunto de seis reglas, las cuales se presentan en la tabla 2. Además, manifiestan que, en el desarrollo de este tipo de técnicas, es muy común ver adheridas tarjetas (o simplemente tarjetas de tareas) en un tablero o en una pared, las cuales son conocidas como “Tareas Kanban”.

TABLA 2. REGLAS DE LA METODOLOGÍA KANBAN

Reglas	Descripción
Regla 1	No se debe mandar producto defectuoso a los procesos subsecuentes
Regla 2	Los procesos subsecuentes requerirán solo lo que es necesario
Regla 3	Producir solamente la cantidad exacta requerida por el proceso subsecuente
Regla 4	Balancear la producción.
Regla 5	Kanban es un medio para evitar especulaciones
Regla 6	Estabilizar y racionalizar el proceso.

2.2.13 Gestión visual

Es una herramienta que utiliza el control y comunicación visual, tiene como propósito facilitar a todos los colaboradores de la organización la comprensión de la situación del sistema y del avance de las acciones de mejoramiento [2].

2.2.14 KPI's (Key Performance Indicator)

Son indicadores claves de desempeño o capacidad, son concluyentes para evaluar de manera rápida la eficiencia y efectividad del proceso, estos indicadores permiten la toma de decisiones, utilizando estos indicadores se comunican a todas las personas cuáles son los elementos primordiales sobre los que se fundamenta la estrategia de la empresa,

considerándolas en común estas cifras podrán tener Feedback inmediato sobre el cumplimiento de la misión de la empresa [25], citado por [2].

- **Válidos y confiables:** Deben medir lo que quiere medir y de manera sistemática, además deben mostrar muy baja variabilidad debido a la subjetividad.
- **Oportunos:** Deben recoger y distribuir de manera rápida, y de manera el proceso de toma de decisiones tenga valor.
- **Comprensibles:** Cada medición debe tener un significado evidente e indiscutible.
- **Resistentes a comportamientos indeseados:** Se deben monitorizar los resultados en sus diversas dimensiones, sin considerar los comportamientos indeseados.
- **Integrales:** Deben considerar las dimensiones más importantes del desempeño.
- **No redundantes:** Deben limitar la excesiva información, evitar la utilización de dos medidas que se digan lo mismo respecto al desempeño. Cada medida debe aportar algo diferente.
- **Sensibles a los costos de recolección de datos:** Las mejores alternativas entre las posibles opciones deben incluirse en los indicadores.
- **Concentrados en la esfera de influencia:** ponen el énfasis en resultados y facetas del desempeño susceptibles de ser modificadas por acciones en las que no se puede tener influencia directa [26], [2].

2.2.15 Heijunka (producción nivelada)

Heijunka, o producción nivelada, es una técnica que ajusta la producción a la demanda fluctuante del comprador, conectando toda la cadena de costo a partir de los proveedores hasta los consumidores. La iniciativa es generar lotes pequeños de varios modelos, libres de cualquier defecto, en periodos cortos de tiempo con cambios rápidos, en vez de realizar lotes monumentales de un modelo luego de otro. Entre las metas de esta técnica se puede nombrar [2].

2.2.16 Kaizen (mejora continua)

Es un mecanismo penetrante de actividades continuas, donde las personas involucradas juegan un rol explícito, para identificar y asegurar impactos o mejoras que contribuyen a las metas organizacionales El Kaizen se debe entender como una

filosofía de gestión que genera cambios o pequeñas mejoras incrementales en el método de trabajo (o procesos de trabajo) que permite reducir despilfarros y por consecuencia mejorar el rendimiento del trabajo, llevando a la organización a una espiral de innovación incremental [27].

La práctica del Kaizen requiere de un equipo integrado por personal de producción, mantenimiento, calidad, ingeniería, compras y demás empleados que el equipo considere necesario. Su objetivo es incrementar la productividad controlando los procesos de manufactura mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad, y de los métodos de trabajo por operación. Además, Kaizen también se enfoca a la eliminación de desperdicio, identificado como “muda” [28].

Principios fundamentales del Kaizen

Para la implementación de la **filosofía kaizen o mejora continua**, deben aplicarse como mínimo cuatro principios fundamentales [29], estos son:

- **Optimización de los recursos actuales:** La tendencia de las empresas que pretenden conseguir una optimización es a dotarse de nuevos recursos. Para llevar a cabo Kaizen el primer paso se apoya en un estudio profundo del nivel de implementación de los recursos recientes, de igual modo que se buscan alternativas para mejorar la utilización y el manejo de estos.
- **Rapidez para la implementación de soluciones:** Sí las resoluciones a los inconvenientes que se han reconocido se fijan a plazos largos de ejecución, no estamos practicando Kaizen. Un inicio principal del Kaizen es la de reducir los procesos burocráticos de estudio y autorización de resoluciones; en caso de que los inconvenientes sean de sustantiva dificultad, Kaizen sugiere desgranar el problema en pequeños hitos de simple solución
- **Criterio de bajo o nulo costo:** El Kaizen es una filosofía de mínima inversión que complementa la innovación, de ni una forma estimula que un parámetro de administración se mejore por medio de la utilización exhaustivo de capital dejando de lado la optimización continua. Las alternativas de inversión que ofrece se centran en la construcción de mecanismos de colaboración y estímulo del personal.

- **Participación activa del operario en todas las etapas:** Es importante que el operario se vincule de manera activa en cada una de los periodos de las mejoras, incluyendo la planeación, el estudio, la ejecución y el seguimiento. El primer mito que desestima el Kaizen es ese de que «Al operario no se le paga para pensar». Esta filosofía que parece apenas solidaria e incluyente tiene todavía más fundamentos, y se sustenta en que es el operario el mejor sabedor de los inconvenientes atinentes a la operación con la que convive [29].

Pasos para implementar el Kaizen

Paso 1. Definir el problema

Paso 2. Analizar el escenario actual

Paso 3. Evaluar las potenciales causas

Paso 4. Implementar la posible solución

Paso 5. Verificar los resultados

Paso 6. Estandarizar la mejora planteada

Paso 7. Establecer futuros planes de Kaizen [2].

2.2.17 Jidoka

Es una metodología la cual busca que cada proceso tenga su propio autocontrol de calidad (refiriéndose primordialmente a procesos industriales de producción online o a gran escala). Este procedimiento no funciona sólo enmendando una irregularidad puntual, sino que investiga la causa raíz, permitiendo eliminarla y evitando su repetición en el futuro [30], citado por [31].

2.2.18 Poka-Yoke

Un Poka-Yoke es una herramienta procedente de Japón que significa “a prueba de errores”. Lo que se busca con esta forma de diseñar los procesos es eliminar o evitar equivocaciones ya sean de ámbito humano o automatizado. Este sistema se puede implantar también para facilitar la detección de errores [32].

Funciones del sistema Poka-Yoke

El sistema poka-Yoke puede diseñarse para prevenir los errores o para advertir sobre ellos:

- **Función control**

En este caso se diseña un sistema para impedir que el error ocurra. Se busca la utilización de formas o colores que diferencien cómo deben realizarse los procesos o como deben encajar las piezas [32].

- **Función advertencia**

En este se asume que el error puede llegar a producirse, pero se diseña un dispositivo que reaccione cuando tenga lugar el fallo para advertir al operario de que debe corregirlo. Por ejemplo, esto se puede realizar instalando barreras fotoeléctricas, sensores de presión y alarmas [32].

Pasos para la aplicación del Poka-Yoke

1. Control en el origen, cerca de la fuente del problema; por ejemplo, incorporando dispositivos monitores que adviertan los defectos de los materiales o las anomalías del proceso.
2. Establecimiento de mecanismos de control que ataquen diferentes problemas, de tal manera que el operador sepa con certeza qué problema debe eliminar y cómo hacerlo con una perturbación mínima al sistema de operación.
3. Aplicar un enfoque de paso a paso con avances cortos, simplificando los sistemas de control sin perder de vista la factibilidad económica.
4. No debe retardarse la aplicación de mejoras a causa de un exceso de estudios. Aunque el objetivo principal de casi todos los fabricantes es la coincidencia entre los parámetros de diseño y los de producción, muchas de las ideas del Poka-Yoke pueden aplicarse tan pronto como se hayan definido los problemas con poco o ningún costo para la compañía [33].

2.2.19 VSM (Value Stream Mapping)

Es una herramienta de manufactura esbelta que posibilita a los usuarios evaluar la cadena de valor de un producto u organización, y distinguir visualmente qué actividades agregan y no agregan valor. El mapa de flujo de valor describe mediante un gráfico no solo las tareas y actividades de los procesos, sino también el flujo de materiales e información, la relación que existe de los suplidores con la cadena de valor, y las especificaciones y necesidades de los clientes [34], citado por [2].

El Mapeo de flujo de valor es una técnica que a través de íconos y gráficos se describe en una sola figura el orden y el flujo de materiales e información de todos los elementos de sub-ensambles en la cadena de valor que incluye manufactura, suplidores y disposición al cliente [2].

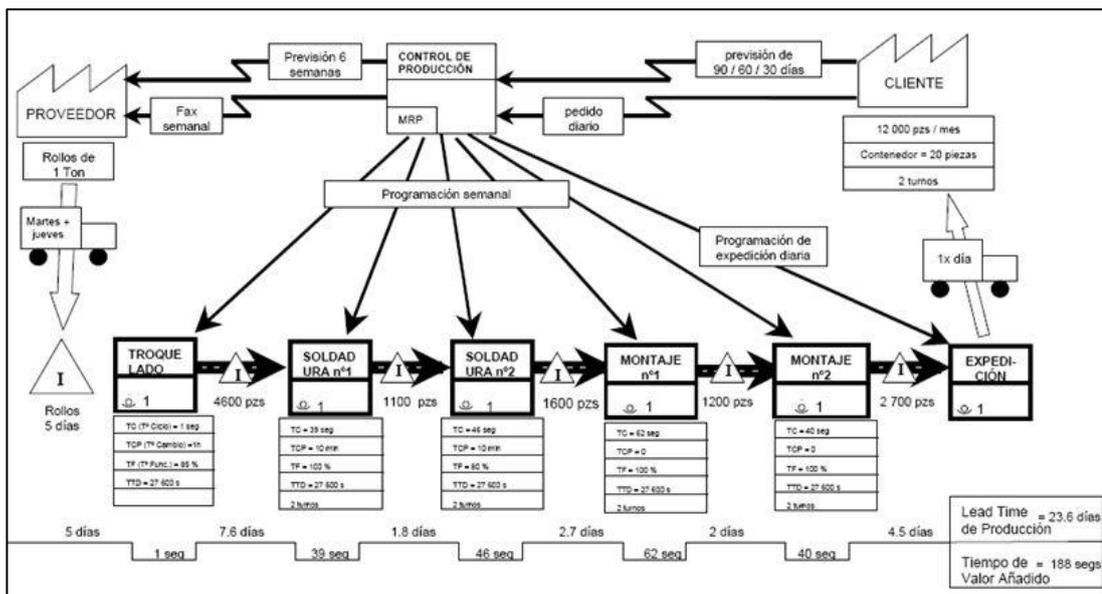


Figura 1. Ejemplo Value Stream Mapping
 Extraído de <https://www.cursos/estrategia/lean-manufacturing/analisis-de-la-cadena-de-valorvsm-120010>

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación

El presente proyecto de investigación se realizó en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, lugar donde se encuentra situada la planta industrial y oficinas de Hidalgo Curtiduría, dentro del sector Yacupamba en el Pisque Bajo. Esta provincia se encuentra ubicada en el centro de la región interandina, es considerada una de las más importantes dentro del sector del calzado y sector textil por lo que se evidencia la presencia de un gran porcentaje de industrias dedicadas a la curtiduría de piel animal.

3.2 Equipos y materiales

Para el desarrollo de la siguiente investigación los materiales utilizados fueron: cronómetro, el cual contribuye a la toma exacta de tiempos de producción, también se utilizó el manejo del formato de diagrama de operaciones en el que se anotaron de forma manual los tiempos obtenidos, por último se consideró necesario el uso de un computador que permitió procesar, delimitar y sintetizar la información y datos obtenidos en el proceso de curtido del cuero Welt-blue realizado por los colaboradores de Hidalgo Curtiduría, además se utilizó para la selección y revisión de artículos académicos que permitieron construir el sustento teórico que fundamenta la investigación y su orientación en base a estudios realizados.

3.3 Tipo de investigación

3.3.1 Enfoque cuantitativo

Para el desarrollo de este trabajo investigativo se utilizó el enfoque cuantitativo, por medio de herramientas como: la recolección de datos en la medición de tiempos y el análisis en los diferentes procesos, que conllevan a la obtención del cuero curtido Wet-blue. De esta manera se buscó comprobar la hipótesis planteada con la ayuda de una

medición numérica que fue analizada mediante un estudio estadístico, así mismo la recolección de datos ayudó a identificar las herramientas a utilizar dentro en la aplicación de la metodología de manufactura esbelta con el fin de establecer pautas en el comportamiento de todos los procesos en el área de producción.

3.3.2 Enfoque no experimental

Es importante mencionar que se desarrolló un enfoque no experimental, visto este como un método de investigación que su principal objetivo se basa en la utilización del método de observación de los fenómenos que suceden dentro de los procesos productivos, este trabajo se basó en los tiempos tomados para analizar los problemas existentes dentro del proceso productivo con el fin de establecer la mejor herramienta para la implementación de la metodología de manufactura esbelta.

3.3.3 Enfoque bibliográfico documental

El enfoque bibliográfico documental realiza el principal aporte dentro de la investigación mediante una amplia revisión bibliográfica sobre las herramientas utilizadas para la aplicación de la metodología de manufactura esbelta, de esta manera ayudó a delimitar la más adecuada para el presente proyecto de investigación. Así mismo cabe destacar que para el desarrollo del proyecto, se consideró como una acción principal realizar una revisión bibliográfica con el fin de consolidar y fundamentar el tema de investigación y su desarrollo.

3.3.4 Enfoque descriptivo

Su aplicación dentro de la investigación radicó en la recolección de información y datos de carácter cuantificable para su posterior análisis y aplicación estadística dentro de la población seleccionada, de este modo la importancia de su uso se basó en permitir tener una mayor exactitud en el valor que posee un elemento investigativo y su interrelación con otros presentes dentro del estudio. Así mismo permitió realizar un análisis detallado de las actividades y procesos realizados dentro de la empresa en el área de producción vista como objeto de estudio.

3.4 Hipótesis – idea a defender

3.4.1 Hipótesis de investigación

H1: La aplicación de herramientas de manufactura esbelta optimiza los procesos de producción de cuero curtido Wet-blue.

3.4.2 Hipótesis nula

HO1: La aplicación de herramientas de manufactura esbelta no optimiza los procesos de producción de cuero curtido Wet-blue.

3.5 Población y muestra

La población que intervino en este estudio fueron los empleados de Hidalgo Curtiduría, los cuales se encuentran a cargo de los procesos productivos para el curtido del cuero Wet-blue, de esta manera, son participantes activos en la recolección de tiempos de producción que se utilizan para obtener este producto. Los datos obtenidos fueron de vital importancia para el desarrollo del proyecto de investigación, cuyo objetivo principal se basa en la optimización de los procesos productivos.

En la siguiente tabla se detallan el cargo y número de colaboradores involucrados:

TABLA 3. TAMAÑO DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO

Población	Elemento	%
Jefe de producción	1	5.90
Jefe de calidad	1	5.90
Operarios	15	88.20
Total	17	100%

Debido a que la población no es superior a 100 personas, se trabajó con el total de la población sin necesidad de tener realizar el cálculo de una muestra.

3.6 Recolección de información

En el desarrollo del presente proyecto de investigación para la optimización de los procesos productivos de cuero curtido Wet-blue en la empresa Hidalgo Curtiduría, por medio de la aplicación de herramientas de manufactura esbelta, se realizó la recolección de tiempos de producción manejados por los colaboradores mediante el uso de la observación como principal método de recolección de datos, el cual permitió obtener información no obstructiva respecto al tiempo y ciclo de trabajo para cada actividad detallados en el formato correspondiente. Los datos obtenidos permitieron conocer el promedio de tiempo que se toman los trabajadores en cada una de las actividades desarrolladas y en el proceso de producción total hasta la obtención del cuero curtido Wet-blue.

3.6.1 Ficha de observación

Para realizar la observación del proceso de cuero curtido Wet-Blue, se utilizó la ficha que se detalla en el anexo 1.

3.6.2 Cursograma analítico de procesos

Este instrumento permitió analizar el valor que aporta cada una de las actividades (eventos) que componen el proceso de cuero curtido Wet-Blue, de esta manera se identificaron actividades innecesarias que permitirán reducir tiempos y costos. Para la elaboración del cursograma analítico del proceso se utilizó el formato que se detalla en el anexo 2.

3.6.3 Formato estudio de tiempos del proceso

Se determinó el ritmo de trabajo y el tiempo necesario para el desarrollo de las tareas inmersas en el proceso de producción de cuero curtido Wet-Blue, para ello se tabuló los tiempos observados durante cada una de las actividades del proceso detalladas en los diagramas de flujos, para ello se utilizó el formato que se detalla en el anexo 3.

3.7 Procesamiento de la información y análisis estadístico

El desarrollo del presente trabajo de investigación se realizó en tres fases:

Fase 1: Levantamiento de información

- Toma de datos dentro del proceso de cuero curtido Wet-blue.
- Revisión de la información recopilada dentro de la empresa a través de la observación directa y las técnicas de medición.
- Análisis e interpretación de las herramientas las cuales permiten identificar los desperdicios generados en el proceso productivo actual de la empresa.
- Análisis de tiempos y movimientos de las operaciones que abarca el proceso de cuero curtido Wet-blue.
- Interpretación de resultados mediante la evaluación del estado mejorado de la empresa.

Fase 2: Selección de herramientas de manufactura esbelta

- Revisión literatura de las herramientas de manufactura esbelta.
- Análisis de las herramientas aplicables para la optimización del proceso de cuero curtido Wet-Blue en la empresa.
- Selección de las herramientas de manufactura esbelta

Fase 3: Evaluación de los datos recolectados

- Análisis de los resultados obtenidos después de la elaboración e implementación de las herramientas de manufactura esbelta seleccionadas dentro del proceso de cuero curtido Wet-Blue.
- Interpretación de los resultados conseguidos en el presente estudio.

3.8 Variables respuesta o resultados alcanzados

El estudio de este trabajo está enfocado en el análisis de la herramienta más efectiva para la aplicación de la manufactura esbelta con el fin de optimizar el proceso

productivo del curtido de cuero Wet-blue en la empresa Hidalgo Curtiduría. De esta forma los resultados esperados radican en la reducción de tiempos que generen desperdicios, así como también los cuales no aporten ningún valor al producto, es así que se buscó conseguir que la empresa adopte una cultura de reducción y un sistema de producción con menos desperdicios con la finalidad de generar mayor margen de rentabilidad, para ello se identificaron las actividades que más generan este tipo de desperdicios.

Por otro lado, se espera que dentro del estudio existe un enfoque de cambio para la reducción del inventario en función de la simplificación del número de unidades procesadas, estas actividades ayudarán a disminuir los productos estancados en bodega debido a que no han sido vendidos por un largo tiempo, esto es denominado por la empresa como “hueso”. Por ello el beneficio es significativo ya que se reducirá la pérdida generada por estas unidades no vendidas que generan gastos y no ganancias por el tiempo de estancia en bodega.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción de la empresa

Curtiduría Hidalgo es una empresa familiar fundada en el año 1993, se dedica a la manufacturación de cuero. Inició con la producción de cuero para vestimenta y en la actualidad centra sus operaciones en la producción de cuero para calzado y marroquinería. La empresa diseña y produce cueros con las últimas tendencias de moda, con diferentes texturas, acabados y una gran variedad de colores, de acuerdo a las necesidades de los clientes. Durante el proceso de producción la empresa usa productos químicos que cumplen con los requisitos ambientales europeos.

4.1.1 Misión de la empresa

Entregar a nuestros clientes un cuero de calidad que exceda sus expectativas, generando valor a sus colaboradores y socios.

4.1.2 Visión de la empresa

Ser una empresa referente, fuerte y consolidada en el mercado internacional comprometida con sus clientes, talento humano y medio ambiente.

4.1.3 Valores de la empresa

- Disciplina
- Amabilidad
- Respeto
- Seriedad

4.1.4 Productos elaborados

Curtiduría Hidalgo cuenta con una amplia gama de productos (cuero curtido), que el

cliente puede seleccionar dependiendo de sus necesidades, en la siguiente tabla 4 se detallan:

TABLA 4. PRODUCTOS ELABORADOS EN CURTIDURÍA HIDALGO

Ítems	Tipo de Cuero Curtido	Descripción del Producto
1	Wet-Blue	Cuero curtido al cromo con características físico-químicas excepcionales que son transferidas mediante una óptima concentración de óxido de cromo y un adecuado pH. Ideal para la comercialización a escala nacional e internacional
2	Supremo	Cuero que lleva la superficie original de la flor sin ser lijado, con cualidades como: flor firme, excelente retorno, suavidad y elegancia
3	Supremo Relax	Cuero con similares características que el supremo, pero con envidiable suavidad
4	Adicción (Cristal Original)	Cuero nubuck cristalizado con efecto escribiente, acabados delicados y uniformes, de extrema suavidad, agradable tacto y gran versatilidad para su uso
5	Ensueño	Cuero con flor que muestra su superficie original, así como es por naturaleza, con efecto pull up, agradable tacto y brillo pulible
6	Caricia	Reverso de la flor bien trabajada con características superiores al gamuzón. Suave, efecto escribiente, resistente, pelo uniforme y corto
7	Gamuzón	Carnaza flexible de tacto aterciopelado y trato delicado, con variedad de acabados
8	Forro	Cuero utilizado en el interior del calzado, con texturas lisas y relieves

4.2 Desperdicios generados en el proceso productivo de cuero curtido Wet-Blue

4.2.1 Identificación del proceso

En el proceso productivo de cuero curtido Wet-Blue se consideran algunos subprocesos, cada subproceso posee actividades diferentes. A continuación, se detallan cada uno de los subprocesos y actividades del proceso de cuero curtido Wet-Blue.

TABLA 5. SUBPROCESOS Y ACTIVIDADES: CUERO CURTIDO WET-BLUE

Subproceso	Actividades
Limpieza	1 Pesar la piel fresca
	2 Cortar genitales y colas de la piel
	3 Inspeccionar la materia prima
	4 Transportar hacia la planta de producción
	5 Pesar la piel fresca sin genitales y colas
	6 Transportar la piel fresca a la zona de remojo - pelambre
	7 Ingresar la piel al bombo con productos químicos (Remojo pelambre)
	8 Iniciar el remojo
	9 Iniciar el pelambre y dosificación de químicos
Separación de la carnaza	10 Transportar la piel a la zona de descarne
	11 Retirar la carne y grasa de la piel (Descarne)
	12 Dividir
	13 Pesar la materia orgánica
Curtido	14 Preparar los compuestos químicos con su medida y peso exacto
	15 Transportar la piel a la zona de curtido
	16 Ingresar la piel al bombo con productos químicos
	17 Curtir
Ecurrido	18 Transportar hacia el proceso de escurrido
	19 Remover el contenido de agua (Ecurrido)
Rebajado	20 Reducir el espesor del cuero (Rebajado)
Clasificado del Wet-Blue y Almacenado	21 Clasificar el Wet-Blue
	22 Transportar al almacenado del Wet-Blue (Producto final)

4.2.2 Observación del proceso

El proceso de observación se concentrará tanto en los espacios formales (matutinos, reuniones de trabajo, actividades laborales) como en los escenarios informales (interacciones a nivel de pasillo, conversaciones informales entre los directivos y entre estos y los subordinados, así como encuentros informales de trabajo [35]). La observación del proceso estuvo encaminada a adquirir información relevante de la investigación. En este sentido se aplicó de manera simultánea con las otras técnicas utilizadas. Además, la aplicación de este instrumento permitió analizar el fenómeno de estudio en su contexto real, proporcionando información confiable sobre indicadores que responden a la situación actual del proceso de fabricación de cuero curtido Wet-Blue. Los resultados que se alcanzaron con la aplicación de esta técnica están en correspondencia con el proceso observado en la empresa.

ACTIVIDADES / EVENTOS REALIZADOS		PERIODICIDAD					IMPLICACIÓN DEL OBSERVADO					OBSERVACIONES	
		CD	DA	F	O	N	DT	MA	AL	S	IT		PC
Pesar la piel fresca				X					X				
Cortar genitales y colas de la piel				X				X					
Inspeccionar la materia prima			X							X			
Transporte hacia la planta de producción				X					X				
Pesar la piel fresca sin genitales y colas				X				X					
Transportar la piel fresca a la zona de remojo - pelambre				X					X				
Ingresar la piel al bombo de remojo-pelambre con productos químicos			X						X				
Inicio de remojo				X					X				
Inicio de pelambre y dosificación de químicos				X					X				
Transportar la piel a la zona de descarnar				X				X					
Retirar la carne y grasa de la piel (Descarne)				X					X				
Dividido				X				X					
Pesar la materia orgánica (carnaza)				X					X				
Preparar los compuestos químicos con su medida y peso exacto			X						X				
Transportar la piel a la zona de curtido				X					X				
Ingresar la piel al bombo con productos químicos			X						X				
Curtido				X					X				
Transporte hacia el proceso de escurrido				X					X				
Remoción del contenido de agua (Ecurrido)				X					X				
Reducción del espesor del cuero (Rebajado)				X					X				
Clasificado del Wet-blue				X						X			
Transporte al almacenado del Wet-blue (Producto final)				X					X				
Valoraciones:													
Recomendaciones:													
CD (cada día) DA (todos los días) F (frecuentemente) O (ocasionalmente) N (nunca) DT (dependencia total) MA (mucho ayuda) AL (ayuda limitada) S (supervisión) IT (independencia total) PC (podría colaborar pero no lo hace)													

Figura 2. Resultados de la observación del proceso

La observación a los eventos (actividades) que se realizan en el proceso de fabricación del cuero curtido Wet-Blue se muestra en la figura 2, lo observado indica que la periodicidad con la que se realizan las actividades es frecuentemente para 18 eventos (81.82%), mientras que los restantes 4 (18.18%) eventos la periodicidad es de todos los días; a su vez, respecto a la implicación de lo observado 4 eventos necesitan de mucha ayuda, 16 actividades necesitan de ayuda limitada y dos eventos necesitan de supervisión.

4.2.3 Diagrama de flujo del proceso

		Diagrama de flujo del proceso					
Ubicación:		Curtiduría Hidalgo		Resumen			
Actividad:		Producción de bandas Wet-blue		Evento	Presente	Propuesta	Ahorros
Fecha:		9/5/2022		Operación	14		
Operador:		J.H	Analista:	Milton Bautista	Transporte	6	
Encierre el método y tipo apropiados				Retrasos	0		
Método:		Presente	Propuesto	Inspección	2		
Tipo:		Trabajador	Material	Máquina	Almacenamiento	0	
Comentarios:				Tiempo(min)	0.45085		
				Distanciam(m)	105		
				Costo			
Descripción de los eventos		Símbolo		Tiempo (en horas)	Distancia (en metros)	Recomendaciones al método	
						Agrega Valor	No Agrega Valor
Pesar la piel fresca		●	⇒	0.00300	0	X	
Cortar genitales y colas de la piel		●	⇒	0.00852	0	X	
Inspeccionar la materia prima		○	⇒	0.00837	0		X
Transporte hacia la planta de producción		○	⇒	0.00194	20		X
Pesar la piel fresca sin genitales y colas		●	⇒	0.00396	0	X	
Transportar la piel fresca a la zona de remojo - pelambre		○	⇒	0.00187	5		X
Ingresar la piel al bombo con productos químicos (Remojo prelambré)		●	⇒	0.00396	0	X	
Inicio de remojo		●	⇒	0.03310	0	X	
Inicio de pelambre y dosificación de químicos		●	⇒	0.05479	0	X	
Transportar la piel a la zona de descarné		○	⇒	0.00189	10		X
Retirar la carne y grasa de la piel (Descarné)		●	⇒	0.04516	0	X	
Dividido		●	⇒	0.05863	5	X	
Pesar la materia orgánica		●	⇒	0.00404	0	X	
Preparar los compuestos químicos con su medida y peso exacto		●	⇒	0.00450	0	X	
Transportar la piel a la zona de curtido		○	⇒	0.00420	15		X
Ingresar la piel al bombo con productos químicos		●	⇒	0.00576	0	X	
Curtido		●	⇒	0.08270	0	X	
Transporte hacia proceso de escurrido		○	⇒	0.00628	35		X
Remoción del contenido de agua (Eскурrido)		●	⇒	0.03717	0	X	
Reducción del espesor del cuero (Rebajado)		●	⇒	0.01396	0	X	
Clasificado del Wet-blue		○	⇒	0.06276	0		X
Transporte al almacenado del Wet-blue (Producto final)		○	⇒	0.00429	15		X

Figura 3. Diagrama de flujo del proceso

En la figura 3 se muestra el diagrama de flujo del proceso, el cual permite identificar la trayectoria y procedimientos para la elaboración del cuero curtido Wet-Blue. Se observa en el diagrama de flujo del proceso de fabricación de cuero curtido Wet-Blue que el tiempo requerido para el cumplimiento de los eventos (actividades) es de 0.45085 horas por cada unidad de producto terminado, el tiempo observado es el tiempo estándar dividido por la unidad en peso del lote de producción. Además, al examinar el diagrama, se observa un total de 22 eventos (actividades), que se conforman de la siguiente manera, 14 corresponden a operaciones que equivale un 63.63% del total de actividades, 6 actividades corresponden a transportes que equivale un 27.27% del total, 2 actividades de inspección (9.10%) del total.

4.2.4 Desperdicios identificados

Para la caracterización de los desperdicios se realizó un análisis por cada uno de los subprocesos, en los cuales se identificaron dos de los desperdicios que contempla el lean manufacturing (espera y transporte).

		 DESPERDICIOS IDENTIFICADOS 									
Subproceso	Actividad / Evento	Sobreproducción	Reprocesos	Esperas	Transportes	Movimientos Innesesarios	Inventarios	Sobre procesos	Acción		
									Eliminar	Reducir	Mejorar
Limpieza	Pesar la piel fresca										
	Cortar genitales y colas de la piel										
	Inspeccionar la materia prima			X							X
	Transporte hacia la planta de producción				X						X
	Pesar la piel fresca sin genitales y colas										
	Transportar la piel fresca a la zona de remojo - pelambre				X						X
	Ingresar la piel al bombo con productos químicos (Remojo pelambre)			X							X
	Inicio de remojo										
	Inicio de pelambre y dosificación de químicos										
Separación de la carnaza	Transportar la piel a la zona de descarte				X						X
	Retirar la carne y grasa de la piel (Descarne)										
	Dividido										
	Pesar la materia organica										
Curtido	Preparar los compuestos químicos con su medida y peso exacto			X							X
	Transportar la piel a la zona de curtido				X						X
	Ingresar la piel al bombo con productos químicos										
	Curtido										
Ecurrido	Transporte hacia el proceso de escurrido				X						X
	Remoción del contenido de agua (Ecurrido)										
Rebajado	Reducción del espesor del cuero (Rebajado)										
Clasificado del Wet-Blue y Almacenado	Clasificado del Wet-blue										
	Transporte al almacenado del Wet-blue (Producto final)				X						X
Total absoluto		0	0	3	6	0	0	0			
Total porcentajes		0.00%	0.00%	33.33%	66.67%	0.00%	0.00%	0.00%			

Figura 4. Desperdicios identificados en el proceso

En la figura 4 se aprecia que del total de las 9 que se identificaron como actividades de desperdicio, el 66.67% corresponden a transportes y con respecto a las esperas al 33.33%.

4.2.5 Ratios de operaciones (tiempo)

Se realiza el cálculo del ratio de operaciones en función del tiempo del proceso, con el objetivo de obtener el porcentaje de tiempo de las actividades que agregan valor, de la misma forma se determinan las actividades que no agregan valor al proceso y de esta manera se logra minimizar desperdicios tanto de tiempo como de transporte y esperas.

TABLA 6. TIEMPOS OBSERVADOS EN EL PROCESO

Actividades actuales	Tiempos actuales (horas por unidad)	Porcentaje
Operaciones	0.35925	79.68%
Transportes	0.02047	4.54%
Retrasos	0.00000	0.0%
Inspecciones	0.07113	15.78%
Almacenamientos	0.00000	0.0%
Total	0.45085	100%

$$RO = (\text{Tiempo de operaciones})/(\text{Tiempo total}) \times 100 \quad [1]$$

$$RO = (0.35925 \text{ min})/(0.45085 \text{ min}) \times 100$$

$$RO = 76.68 \%$$

Calculado el ratio de las operaciones en función del tiempo, se puede manifestar que el proceso pasa en operaciones un 79.68 % del tiempo total, donde el 20.32 % representa las actividades que no agregan valor (desperdicios), a las cuales se orienta la propuesta de optimización.

4.2.6 Ratios de operaciones (eventos)

Posteriormente se procedió a realizar el cálculo del ratio de operaciones en función al número de eventos (actividades), se relacionó el número de operaciones sobre el total de los eventos (actividades).

$$\mathbf{RO} = (\text{Número de operaciones})/(\text{Número total de eventos}) \times 100 \quad [2]$$

$$\mathbf{RO} = 14/22 \times 100$$

$$\mathbf{RO} = 63.63 \%$$

El ratio de operaciones en función al número de eventos obtenido demuestra que el 63.63%, de los eventos que se realiza en el proceso de fabricación de cuero curtido Wet-Blue son actividades que generan valor, el restante 36.37% son eventos (actividades) que no agregan valor al proceso, por lo tanto, el número de transportes e inspecciones son aquellos eventos que se deben analizar para la optimización del proceso.

4.2.7 Estudio de tiempos

- **Tiempo básico**

En las siguientes figuras se detallan el estudio para obtener el tiempo básico necesario para cada uno de los eventos (actividades) que se realizan para la fabricación del cuero curtido Wet-Blue.

Para el número de observaciones (ciclos) por cada evento (actividad) se consideró el estándar de General Electric Company (tabla 7).

TABLA 7. ESTÁNDAR GENERAL ELÉCTRIC COMPANY

Tiempo Ciclo (minutos)	Número 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
Más de 40.00	3

Posterior se determinó el número de observaciones según se detalla en la tabla 8.

TABLA 8. NÚMERO DE CICLOS A CONSIDERAR POR ACTIVIDAD

Nº	Evento / Actividad	Tiempo preliminar (minutos)	Número de Ciclos
1	Pesar la piel fresca	15.00	8
2	Cortar genitales y colas de la piel	45.00	3
3	Inspeccionar la materia prima	35.00	5
4	Transporte hacia la planta de producción	10.00	10
5	Pesar la piel fresca sin genitales y colas	15.00	8
6	Transportar la piel fresca a la zona de remojo - pelambre	10.00	10
7	Ingresar la piel al bombo con productos químicos (Remojo pelambre)	20.00	8
8	Inicio de remojo	240.00	3
9	Inicio de pelambre y dosificación de químicos	400.00	3
10	Transportar la piel a la zona de descarne	10.00	10
11	Retirar la carne y grasa de la piel (Descarne)	185.00	3
12	Dividido	240.00	3
13	Pesar la materia orgánica	15.00	8
14	Preparar los compuestos químicos con su medida y peso exacto	15.00	8
15	Transportar la piel a la zona de curtido	15.00	8
16	Ingresar la piel al bombo con productos químicos	20.00	8
17	Curtido	408.00	3
18	Transporte hacia proceso de escurrido	20.00	8
19	Remoción del contenido de agua (Eскурrido)	108.00	3
20	Reducción del espesor del cuero (Rebajado)	40.00	5
21	Clasificado del Wet-blue	180.00	3
22	Transporte al almacenado del Wet-blue (Producto final)	15.00	8



ESTUDIO DE TIEMPOS



No.	Evento / Actividad	TIPO		Ciclos - Tiempos (min)									
		Mecánica (Mec)	Manual (Man)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Pesar la piel fresca		x	15.2	14.8	15.3	15.0	15.5	15.0	15.4	15.0		
2	Cortar genitales y colas de la piel		x	45.0	45.1	45.1							
3	Inspeccionar la materia prima		x	35.8	38.4	35.6	35.0	35.7					
4	Transporte hacia la planta de producción	x	x	10.4	10.0	10.2	10.2	10.0	10.8	10.5	10.0	9.9	10.8
5	Pesar la piel fresca sin genitales y colas		x	15.0	14.8	15.2	15.8	15.0	15.3	15.4	15.0		
6	Transportar la piel fresca a la zona de remojo - pelambre	x	x	10.0	9.5	9.8	9.8	10.0	9.5	9.0	9.3	10.2	10.0
7	Ingresar la piel al bombo de remojo-pelambre con productos químicos	x	x	19.5	19.8	19.8	20.1	20.0	19.9	20.2	20.0		
8	Inicio de remojo	x		240.0	240.0	240.0							
9	Inicio de pelambre y dosificación de químicos	x		397.4	392.0	397.0							
10	Transportar la piel a la zona de descarte	x	x	10.1	10.0	9.5	9.8	10.2	10.0	9.8	10.0	9.5	9.8
11	Retirar la carne y grasa de la piel (Descarte)	x	x	184.5	185.0	180.0							
12	Dividido	x	x	240.0	239.7	238.9							
13	Pesar la materia orgánica (carnaza)		x	15.0	15.1	15.0	15.2	15.2	15.0	15.0	14.8		
14	Preparar los compuestos químicos con su medida y peso exacto		x	14.9	14.7	14.9	14.9	15.0	14.9	14.8	14.9		
15	Transportar la piel a la zona de curtido	x	x	15.0	14.5	15.3	15.0	15.0	14.8	15.0	15.5		
16	Ingresar la piel al bombo con productos químicos	x	x	20.0	19.5	19.7	19.5	20.0	18.5	19.4	20.0		
17	Curtido	x		408.0	408.0	408.0							
18	Transporte hacia el proceso de escurrido	x	x	21.5	20.6	20.8	21.0	20.6	20.6	20.5	20.6		
19	Remoción del contenido de agua (Eskurrido)	x	x	107.0	107.8	107.5							
20	Reducción del espesor del cuero (Rebajado)	x	x	40.4	40.8	40.5	40.4	40.5					
21	Clasificado del Wet-blue		x	180.5	180.6	180.7							
22	Transporte al almacenado del Wet-blue (Producto final)		x	15.3	15.4	15.4	15.3	15.4	15.0	15.4	15.3		

Figura 5. Estudio de tiempo básico ciclos en minutos



ESTUDIO DE TIEMPOS



No.	Evento / Actividad	Ciclos - Tiempos (hora)										TIEMPO OBSERVADO		Desviación Estándar	Límite Superior	Límite Inferior	Promedio Válido
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tiempo Total Observado	Tiempo Medio del Ciclo				
1	Pesar la piel fresca	0.253	0.247	0.255	0.250	0.258	0.250	0.257	0.250			2.020	0.253	0.0040	0.256	0.249	0.253
2	Cortar genitales y colas de la piel	0.750	0.752	0.752								2.253	0.751	0.0010	0.752	0.750	0.752
3	Inspeccionar la materia prima	0.597	0.640	0.593	0.583	0.595						3.008	0.602	0.0220	0.624	0.580	0.592
4	Transporte hacia la planta de producción	0.173	0.167	0.170	0.170	0.167	0.180	0.175	0.167	0.165	0.180	1.713	0.171	0.0055	0.177	0.166	0.170
5	Pesar la piel fresca sin genitales y colas	0.250	0.247	0.253	0.263	0.250	0.255	0.257	0.250			2.025	0.253	0.0052	0.258	0.248	0.253
6	Transportar la piel fresca a la zona de remojo - pelambre	0.167	0.158	0.163	0.163	0.167	0.158	0.150	0.155	0.170	0.167	1.618	0.162	0.0063	0.168	0.156	0.163
7	Ingresar la piel al bombo de remojo-pelambre con productos químicos	0.325	0.330	0.330	0.335	0.333	0.332	0.337	0.333			2.655	0.332	0.0036	0.335	0.328	0.332
8	Inicio de remojo	4.000	4.000	4.000								12.000	4.000	0.0000	4.000	4.000	4.000
9	Inicio de pelambre y dosificación de químicos	6.623	6.533	6.617								19.773	6.591	0.0501	6.641	6.541	6.620
10	Transportar la piel a la zona de descarne	0.168	0.167	0.158	0.163	0.170	0.167	0.163	0.167	0.158	0.163	1.645	0.165	0.0039	0.168	0.161	0.165
11	Retirar la carne y grasa de la piel (Descarne)	3.075	3.083	3.000								9.158	3.053	0.0459	3.099	3.007	3.079
12	Dividido	4.000	3.995	3.982								11.977	3.992	0.0095	4.002	3.983	3.998
13	Pesar la materia organica (carnaza)	0.250	0.252	0.250	0.253	0.253	0.250	0.250	0.247			2.005	0.251	0.0022	0.253	0.248	0.250
14	Preparar los compuestos químicos con su medida y peso exacto	0.248	0.245	0.248	0.248	0.250	0.248	0.247	0.248			1.983	0.248	0.0015	0.249	0.246	0.248
15	Transportar la piel a la zona de curtido	0.250	0.242	0.255	0.250	0.250	0.247	0.250	0.258			2.002	0.250	0.0050	0.255	0.245	0.250
16	Ingresar la piel al bombo con productos químicos	0.333	0.325	0.328	0.325	0.333	0.308	0.323	0.333			2.610	0.326	0.0083	0.335	0.318	0.329
17	Curtido	6.800	6.800	6.800								20.400	6.800	0.0000	6.800	6.800	6.800
18	Transporte hacia el proceso de escurrido	0.358	0.343	0.347	0.350	0.343	0.343	0.342	0.343			2.770	0.346	0.0055	0.352	0.341	0.345
19	Remoción del contenido de agua (Escruido)	1.783	1.797	1.792								5.372	1.791	0.0067	1.797	1.784	1.794
20	Reducción del espesor del cuero (Rebajado)	0.673	0.680	0.675	0.673	0.675						3.377	0.675	0.0027	0.678	0.673	0.674
21	Clasificado del Wet-blue	3.008	3.010	3.012								9.030	3.010	0.0017	3.012	3.008	3.010
22	Transporte al almacenado del Wet-blue (Producto final)	0.255	0.257	0.257	0.255	0.257	0.250	0.257	0.255			2.042	0.255	0.0023	0.257	0.253	0.256

Figura 6. Estudio de tiempo básico ciclos en horas

En la figura 5 se detalla los tiempos observados en minutos para los ciclos correspondientes considerados para cada actividad en el estudio, además se identifican las actividades que se realizan de forma mecánica y de forma manual.

En la figura 6, se convierte el tiempo observado de minutos a horas, se procede a calcular el total del tiempo observado y tiempo promedio por cada ciclo y actividad, posteriormente se identifican la desviación estándar, límite superior y límite inferior de los tiempos observados para validar el tiempo promedio de ciclo, la validación se realizó excluyendo los tiempos que están fuera del límite superior e inferior calculados.

Para la obtención del tiempo básico para cada actividad se consideró el método de nivelación para la valoración del ritmo de trabajo, el cual se clasifica en cuatro factores con sus respectivos criterios y calificaciones que se detallan en la siguiente tabla 9:

TABLA 9. VALORACIÓN RITMO DE TRABAJO - MÉTODO DE NIVELACIÓN

Criterios	Factores			
	Habilidad o destreza		Esfuerzo o empeño	
A1	+ 0.15	Extrema	+ 0.13	Excesivo
A2	+ 0.13		+ 0.12	
B1	+ 0.11	Excelente	+ 0.10	Excelente
B2	+ 0.08		+ 0.08	
C1	+ 0.06	Buena	+ 0.05	Bueno
C2	+ 0.03		+ 0.02	
D	0.00	Regular	0.00	Regular
E1	- 0.05	Aceptable	- 0.04	Aceptable
E2	- 0.10		- 0.08	
F1	- 0.15	Deficiente	- 0.12	Deficiente
F2	- 0.22		- 0.17	

Criterios	Factores			
	Consistencia		Condiciones	
A	+0.04	Perfecta	+0.06	Ideales
B	+0.03	Excelente	+0.04	Excelentes
C	+0.01	Buena	+0.02	Buenas
D	0.00	Regular	0.00	Regulares
E	-0.02	Aceptable	-0.03	Aceptables
F	-0.04	Deficiente	-0.07	Deficientes

En la figura 7 se aprecia el cálculo del tiempo básico de cada una de las actividades en el proceso de fabricación de cuero curtido Wet-Blue, mismo que consideró la valoración del ritmo de trabajo y que permitió establecer el tiempo básico respectivo,

multiplicando el tiempo promedio válido por el total de la valoración para cada actividad, según la siguientes ecuación.

$$\text{Tiempo básico} = \text{Tiempo observado promedio válido} * \text{Total valoración} \quad [3]$$

No.		Evento / Actividad	Valoración				Tiempo básico (horas)	
			Habilidad	Esfuerzo	Consistencia	Condiciones		Total Valoración
1		Pesar la piel fresca	0.03	0.08	0.01	0.02	1.14	0.289
2		Cortar genitales y colas de la piel	-0.05	0.02	0.01	0.02	1	0.752
3		Inspeccionar la materia prima	0.11	0.05	0.03	0.04	1.23	0.728
4		Transporte hacia la planta de producción	0.08	0.08	-0.02	0.02	1.16	0.197
5		Pesar la piel fresca sin genitales y colas	0	0.05	-0.02	0.02	1.05	0.265
6		Transportar la piel fresca a la zona de remojo - pelambre	0.08	0.08	-0.02	0.02	1.16	0.189
7		Ingresar la piel al bombo de remojo-pelambre con productos químicos	0.03	0.08	0.03	0.04	1.18	0.392
8		Inicio de remojo	0	0	0	0	1	4.000
9		Inicio de pelambre y dosificación de químicos	0	0	0	0	1	6.620
10		Transportar la piel a la zona de descarnar	0.08	0.08	-0.02	0.02	1.16	0.192
11		Retirar la carne y grasa de la piel (Descarne)	0.15	0.1	0.03	0.04	1.32	4.065
12		Dividido	0.15	0.1	0.03	0.04	1.32	5.277
13		Pesar la materia organica (carnaza)	0	0.05	-0.02	0.02	1.05	0.262
14		Preparar los compuestos químicos con su medida y peso exacto	0.08	0.08	0.03	0.04	1.23	0.305
15		Transportar la piel a la zona de curtido	0.08	0.08	-0.02	0.02	1.16	0.290
16		Ingresar la piel al bombo con productos químicos	0.03	0.08	0.03	0.04	1.18	0.388
17		Curtido	0	0	0	0	1	6.800
18		Transporte hacia el proceso de escurrido	0.08	0.08	-0.02	0.02	1.16	0.400
19		Remoción del contenido de agua (Eскурrido)	0.15	0.1	0.03	0.04	1.32	2.368
20		Reducción del espesor del cuero (Rebajado)	0.15	0.1	0.03	0.04	1.32	0.890
21		Clasificado del Wet-blue	0.11	0.05	0.03	0.04	1.23	3.702
22		Transporte al almacenado del Wet-blue (Producto final)	0.08	0.08	-0.02	0.02	1.16	0.297

Figura 7. Tiempo básico

▪ **Tiempo estándar**

El cálculo del tiempo estándar se realiza a partir del tiempo básico obtenido para cada actividad, además se consideró un coeficiente de descuento por el desempeño demostrado por el operario a partir de los suplementos y holguras según lo establecido por la Organización Internacional del Trabajo, la cual se detallan en la figura 8:

ACTIVIDAD	SEXO	1. Suplementos constantes		2. Cantidades variables añadidas al suplemento básico por fatiga										Total	Indice
		Necesidades personales	Por fatiga	a) Supl. por trabajar de pie	b) Supl. por postura anormal	c) Lev. de Pesos y Uso de Fuerza	d) Int. de la luz	e) Calidad del Aire	f) Tensión Visual	g) Tensión Auditiva	h) Proc. complejo	i) Monotonía: Mental	j) Monotonía: Física		
Pesar la piel fresca	H	5	4	2	0	6	0	5	0	0	1	1	2	0.26	1.26
Cortar genitales y colas de la piel	H	5	4	2	0	12	0	5	2	0	4	1	2	0.37	1.37
Inspeccionar la materia prima	H	5	4	2	0	12	0	5	5	0	4	0	2	0.39	1.39
Transporte hacia la planta de producción	H	5	4	0	0	0	0	5	2	2	1	0	0	0.19	1.19
Pesar la piel fresca sin genitales y colas	H	5	4	2	2	58	0	5	0	0	1	1	2	0.8	1.8
Transportar la piel fresca a la zona de remojo - pelambre	H	5	4	0	0	0	0	5	2	2	1	0	0	0.19	1.19
Ingresar la piel al bombo remojo-pelambre con productos químicos	H	5	4	2	0	0	0	5	2	2	1	1	0	0.22	1.22
Inicio de remojo	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Inicio de pelambre y dosificación de químicos	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Transportar la piel a la zona de descarte	H	5	4	0	0	0	0	5	2	2	1	0	0	0.19	1.19
Retirar la carne y grasa de la piel (Descarne)	H	5	4	2	0	10	0	0	2	2	4	1	0	0.3	1.3
Dividido	H	5	4	2	0	10	0	0	2	2	4	1	0	0.3	1.3
Pesar la materia orgánica	H	5	4	2	2	58	0	5	0	0	1	1	2	0.8	1.8
Preparar los compuestos químicos con su medida y peso exacto	H	5	4	2	0	0	0	0	5	0	4	1	0	0.21	1.21
Transportar la piel a la zona de curtido	H	5	4	0	0	0	0	5	2	2	1	0	0	0.19	1.19
Ingresar la piel al bombo con productos químicos	H	5	4	2	0	0	0	5	2	2	1	1	0	0.22	1.22
Curtido		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Transporte hacia el proceso de escurrido	H	5	4	2	0	10	0	0	2	2	4	1	0	0.3	1.3
Remoción del contenido de agua (Ecurrido)	H	5	4	2	0	10	0	0	2	2	4	1	0	0.3	1.3
Reducción del espesor del cuero (Rebajado)	H	5	4	2	0	10	0	0	2	2	4	1	0	0.3	1.3
Clasificado del Wet-blue	H	5	4	2	0	12	0	5	5	0	4	0	2	0.39	1.39
Transporte al almacenado del Wet-blue (Producto final)	H	H	5	4	0	0	0	0	5	2	2	1	0	0.19	1.19

Figura 8. Suplementos y holguras

Una vez definido los suplementos y holguras para el coeficiente de descuento de cada actividad, se procede a realizar el cálculo del tiempo estándar; para lo cual se considera cada unidad de venta al público de cuero curtido Wet-Blue, que en promedio es 9500 gramos. Con información proporcionada por la empresa (anexos 4 y 5), en la tabla 10 se detallan las condiciones y el peso procesado en gramos para cada subproceso.

TABLA 10. CONDICIONES Y PESO PROCESADO EN LOS SUBPROCESOS

Subproceso	Condiciones	Unidades (gramos)
Limpieza	Se limpia 1148 kg de piel fresca	1148000
Separación de la carnaza	Se descarna y se divide 1111.68 Kg de piel libre de genitales, colas y pelo	1111680
Curtido	Se ingresa al bombo de curtido 802.18Kg	781180
Escurrido	Se escurre 802.18 Kg de bandas curtidas	781180
Rebajado	Se reduce el espesor de las bandas un peso total de 786.54	780420
Clasificado del Wet-blue y Almacenado	Se clasifica un total de 82 bandas cada una pesa 9.5 Kg	779000

Con el peso procesado en cada subproceso se procede a calcular el tiempo estándar por actividad y por unidad, para ello se utiliza el tiempo básico, el coeficiente de descuento determinado para cada evento y la frecuencia por unidad que se obtiene a partir del peso promedio de cada unidad de venta al público y el peso de producto procesado en cada subproceso, según la siguiente ecuación:

$$Tiempo\ estándar = Tiempo\ básico * coeficiente\ descuento * frecuencia \quad [4]$$

Luego se calcula el tiempo del ciclo, el cual se va sumando al tiempo estándar de cada actividad anterior, en total se obtiene un tiempo de ciclo estándar de 0.45085 horas, esto significa que en la Curtiduría Hidalgo se produce una banda de cuero curtido Wet-Blue de 9500 gramos cada 0.45085 horas, lo que se convierte en una producción de 2.22 bandas de cuero curtido Wet-Blue por hora, según se detalla en la figura 9.

		ESTUDIO DE TIEMPOS			
Actividad / Evento	Tiempo Básico (horas)	Coficiente de descuento	Frecuencia / Unidad (gramos)	Tiempo estándar / Unidad (horas)	Tiempo de ciclo (Horas)
Pesar la piel fresca	0.289	1.26	0.0083	0.0030	0.0030
Cortar genitales y colas de la piel	0.752	1.37	0.0083	0.0085	0.0115
Inspeccionar la materia prima	0.728	1.39	0.0083	0.0084	0.0199
Transporte hacia la planta de producción	0.197	1.19	0.0083	0.0019	0.0218
Pesar la piel fresca sin genitales y colas	0.265	1.8	0.0083	0.0039	0.0258
Transportar la piel fresca a la zona de remojo - pelambre	0.189	1.19	0.0083	0.0019	0.0277
Ingresar la piel al bombo con productos quimicos (Remojo nelambre)	0.392	1.22	0.0083	0.0040	0.0316
Inicio de remojo	4.000	1	0.0083	0.0331	0.0647
Inicio de pelambre y dosificación de químicos	6.620	1	0.0083	0.0548	0.1195
Transportar la piel a la zona de descarne	0.192	1.19	0.0083	0.0019	0.1214
Retirar la carne y grasa de la piel (Descarne)	4.065	1.3	0.0085	0.0452	0.1665
Dividido	5.277	1.3	0.0085	0.0586	0.2252
Pesar la materia organica	0.262	1.8	0.0085	0.0040	0.2292
Preparar los compuestos quimicos con su medida y peso exacto	0.305	1.21	0.0122	0.0045	0.2337
Transportar la piel a la zona de curtido	0.290	1.19	0.0122	0.0042	0.2379
Ingresar la piel al bombo con productos quimicos	0.388	1.22	0.0122	0.0058	0.2437
Curtido	6.800	1	0.0122	0.0827	0.3263
Transporte hacia el proceso de escurrido	0.400	1.3	0.0121	0.0063	0.3326
Remoción del contenido de agua (Eскурrido)	2.368	1.3	0.0121	0.0372	0.3698
Reducción del espesor del cuero (Rebajado)	0.890	1.3	0.0121	0.0140	0.3838
Clasificado del Wet-blue	3.702	1.39	0.0122	0.0628	0.4465
Transporte al almacenado del Wet-blue (Producto final)	0.297	1.19	0.0122	0.0043	0.45085

Figura 9. Tiempo estándar

▪ **Takt time**

Para saber el ritmo en el que cada banda de cuero curtido Wet-Blue debe ser producida y así la empresa cumpla con las exigencias de los clientes, se procedió a realizar el cálculo del tiempo takt. Con la información histórica de la demanda (tabla 11) del producto en estudio para el año 2021, se determinó el takt time (figura 10).

TABLA 11. DEMANDA DE BANDAS DE CUERO CURTIDO 2021

Mes	Demanda (unidades)
Enero	200
Febrero	350
Marzo	350
Abril	400
Mayo	420
Junio	500
Julio	550
Agosto	600
Septiembre	500
Octubre	520
Noviembre	650
Diciembre	700

 TAKT TIME 											
Producto	Cuero Curtido Wet-blue										
Descripción del producto	Unidad en bandas con peso de 9500 g c/u										
Foto del Producto											
Demanda 2021											
Unidad	Bandas de Wet-blue										
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
200	350	350	400	420	500	550	600	500	520	650	700
Demanda Promedio Mensual											478
Días laborales	<input type="text" value="25"/>	Tiempo disponible	<input type="text" value="25200"/>	seg.							
Jornada diaria (horas)	<input type="text" value="8"/>	Demanda diaria	<input type="text" value="19"/>								
Turnos	<input type="text" value="1"/>										
Descansos x turno (min)	<input type="text" value="60"/>	TAKT TIME	<input type="text" value="1317"/>	seg/unidad							

Figura 10. Takt time cuero curtido Wet-Blue

Para el cálculo del takt time se consideró 25 días laborables al mes, con una jornada diaria de 8 horas, un turno de trabajo por día y con un tiempo de descanso máximo de 60 minutos por turno, el resultado del takt time calculado es de 1317 segundos por cada unidad, esto representa el tiempo requerido para producir y cumplir con la demanda del cliente.

- **Takt time vs tiempo de ciclo actual**

Con el resultado obtenido del Takt Time de 1317 segundos y por otra parte el tiempo de ciclo actual indica que el proceso tarda 1474 segundos por unidad, con una brecha negativa del 6%, esto significa que el tiempo o el ritmo al que el mercado hace la demanda de unidades de Wet-Blue es mayor al tiempo que hace falta para producir este producto, por lo que no se podría cumplir con la demanda según se detalla en la figura 11.

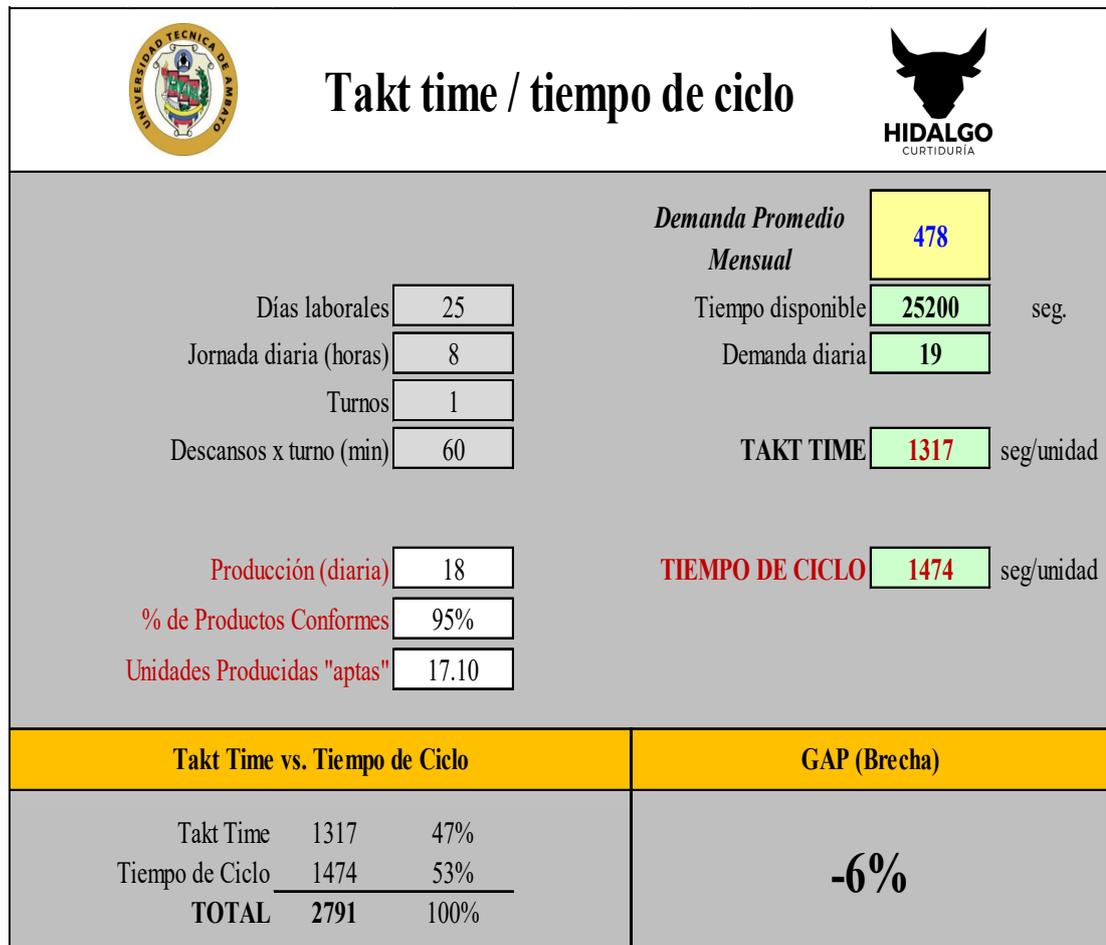


Figura 11. Takt time / tiempo de ciclo (segundos/unidad)

- **Tiempo de ciclo (Niegel) vs takt time**

En la figura 12 y 13 se confronta el tiempo del ciclo calculado metodología Niebel con el takt time calculado en segundos, se aprecia que las actividades de escurrido, rebajado, clasificado y transporte al almacenamiento están por encima del tiempo takt time de 1317 segundos.



Tiempo de ciclo (Niebel) vs Takt Time



Actividad / Evento	Tiempo Básico (horas)	Tiempo de ciclo (horas)	Tiempo de ciclo (segundos)	Tiempo Takt (segundos)
Pesar la piel fresca	0.288	0.0030	10.8089	1317
Cortar genitales y colas de la piel	0.752	0.0115	41.4956	1317
Inspeccionar la materia prima	0.728	0.0199	71.6313	1317
Transporte hacia la planta de producción	0.197	0.0218	78.6125	1317
Pesar la piel fresca sin genitales y colas	0.266	0.0258	92.8529	1317
Transportar la piel fresca a la zona de remojo - pelambre	0.189	0.0277	99.5697	1317
Ingresar la piel al bombo con productos quimicos (Remojo pelambre)	0.392	0.0316	113.8178	1317
Inicio de remojo	4.000	0.0647	232.9815	1317
Inicio de pelambre y dosificación de químicos	6.620	0.1195	430.2086	1317
Transportar la piel a la zona de descarne	0.192	0.1214	437.0135	1317
Retirar la carne y grasa de la piel (Descarne)	4.065	0.1665	599.5782	1317
Dividido	5.278	0.2252	810.6560	1317
Pesar la materia organica	0.263	0.2292	825.2164	1317
Preparar los compuestos quimicos con su medida y peso exacto	0.306	0.2337	841.4243	1317
Transportar la piel a la zona de curtido	0.290	0.2379	856.5472	1317
Ingresar la piel al bombo con productos quimicos	0.388	0.2437	877.2706	1317
Curtido	6.800	0.3264	1174.9741	1317
Transporte hacia el proceso de escurrido	0.400	0.3327	1197.5958	1317
Remoción del contenido de agua (Ecurrido)	2.367	0.3698	1331.4198	1317
Reducción del espesor del cuero (Rebajado)	0.889	0.3838	1381.6912	1317
Clasificado del Wet-blue	3.702	0.4466	1607.6218	1317
Transporte al almacenado del Wet-blue (Producto final)	0.295	0.4508	1623.0503	1317

Figura 12. Tiempo de ciclo (Niebel) vs takt time

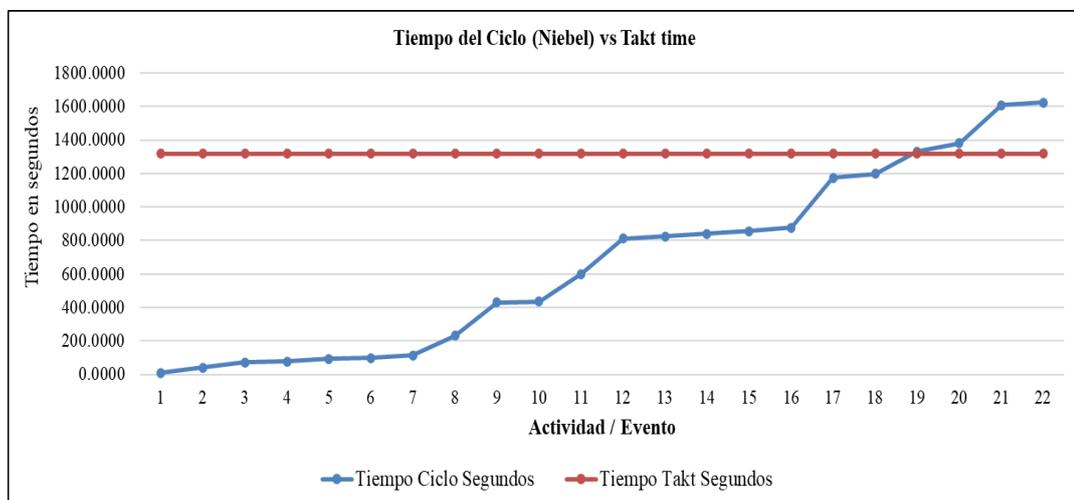


Figura 13. Takt time vs tiempo de ciclo (Niebel)

▪ **Pared de balanceo**

En el análisis de la pared de balanceo se determina el tiempo disponible para la demanda en 1251.22 segundos, el cual se obtiene considerando el takt time (1317 segundos) y la eficiencia planteada (95%), el cálculo se aprecia en la figura 14.

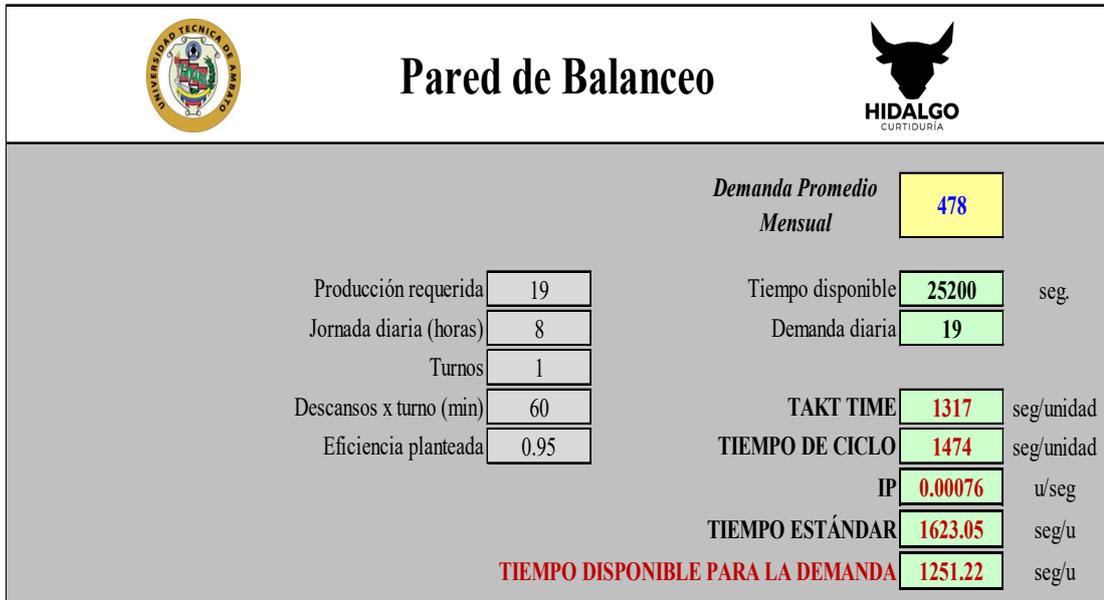


Figura 14. Tiempo disponible para la demanda

Identificada la pared de balanceo se determina la existencia de actividades que están por debajo de la representación del rango del tiempo disponible de la demanda (TDD Takt Time), esto quiere decir que en estas actividades existen tiempos de espera, sobreproducción y transporte que hace referencia a las MUDA, por otra parte existen actividades como el escurrido, la reducción del espesor, la clasificación y el transporte al almacenado que están por encima del rango del TDD Takt Time indicando que existe sobrecarga, haciendo referencia a las MURI (figuras 15 y 16).

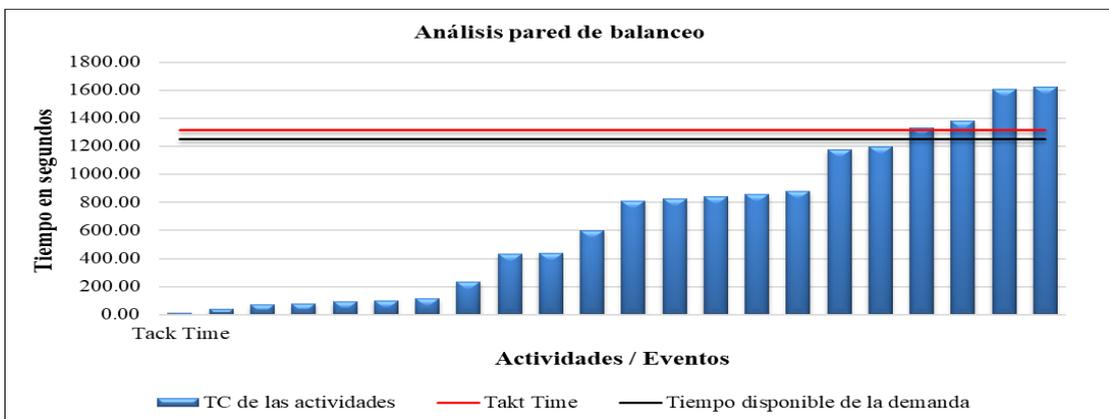


Figura 15. Pared de balanceo – MUDA y MURI



Análisis pared de balanceo



No.	Actividad	TIEMPO ESTÁNDAR	Takt Time (segundos)	Tiempo Disponible para la Demanda (segundos)
		Tiempo de ciclo (segundos)		
1	Pesar la piel fresca	10.81	1317	1251.220
2	Cortar genitales y colas de la piel	41.50	1317	1251.220
3	Inspeccionar la materia prima	71.63	1317	1251.220
4	Transporte hacia la planta de producción	78.61	1317	1251.220
5	Pesar la piel fresca sin genitales y colas	92.85	1317	1251.220
6	Transportar la piel fresca a la zona de remojo - pelambre	99.57	1317	1251.220
7	Ingresar la piel al bombo con productos químicos (Remojo pelambre)	113.82	1317	1251.220
8	Inicio de remojo	232.98	1317	1251.220
9	Inicio de pelambre y dosificación de químicos	430.21	1317	1251.220
10	Transportar la piel a la zona de descarne	437.01	1317	1251.220
11	Retirar la carne y grasa de la piel (Descarne)	599.58	1317	1251.220
12	Dividido	810.66	1317	1251.220
13	Pesar la materia organica	825.22	1317	1251.220
14	Preparar los compuestos químicos con su medida y peso exacto	841.42	1317	1251.220
15	Transportar la piel a la zona de curtido	856.55	1317	1251.220
16	Ingresar la piel al bombo con productos químicos	877.27	1317	1251.220
17	Curtido	1174.97	1317	1251.220
18	Transporte hacia el proceso de escurrido	1197.60	1317	1251.220
19	Remoción del contenido de agua (Eскурrido)	1331.42	1317	1251.220
20	Reducción del espesor del cuero (Rebajado)	1381.69	1317	1251.220
21	Clasificado del Wet-blue	1607.62	1317	1251.220
22	Transporte al almacenado del Wet-blue (Producto final)	1623.05	1317	1251.220

Figura 16. Análisis pared de balanceo

▪ LAY OUT actual

Con el objetivo de reconocer la distribución física en el proceso de cuero curtido Wet-Blue en la Curtiduría Hidalgo, y posteriormente recopilar información que permita realizar una propuesta que minimicen las distancias recorridas identificadas en el diagrama de flujo, se describió de manera gráfica el Lay Out actual de la empresa, la figura 17 muestra el detalle

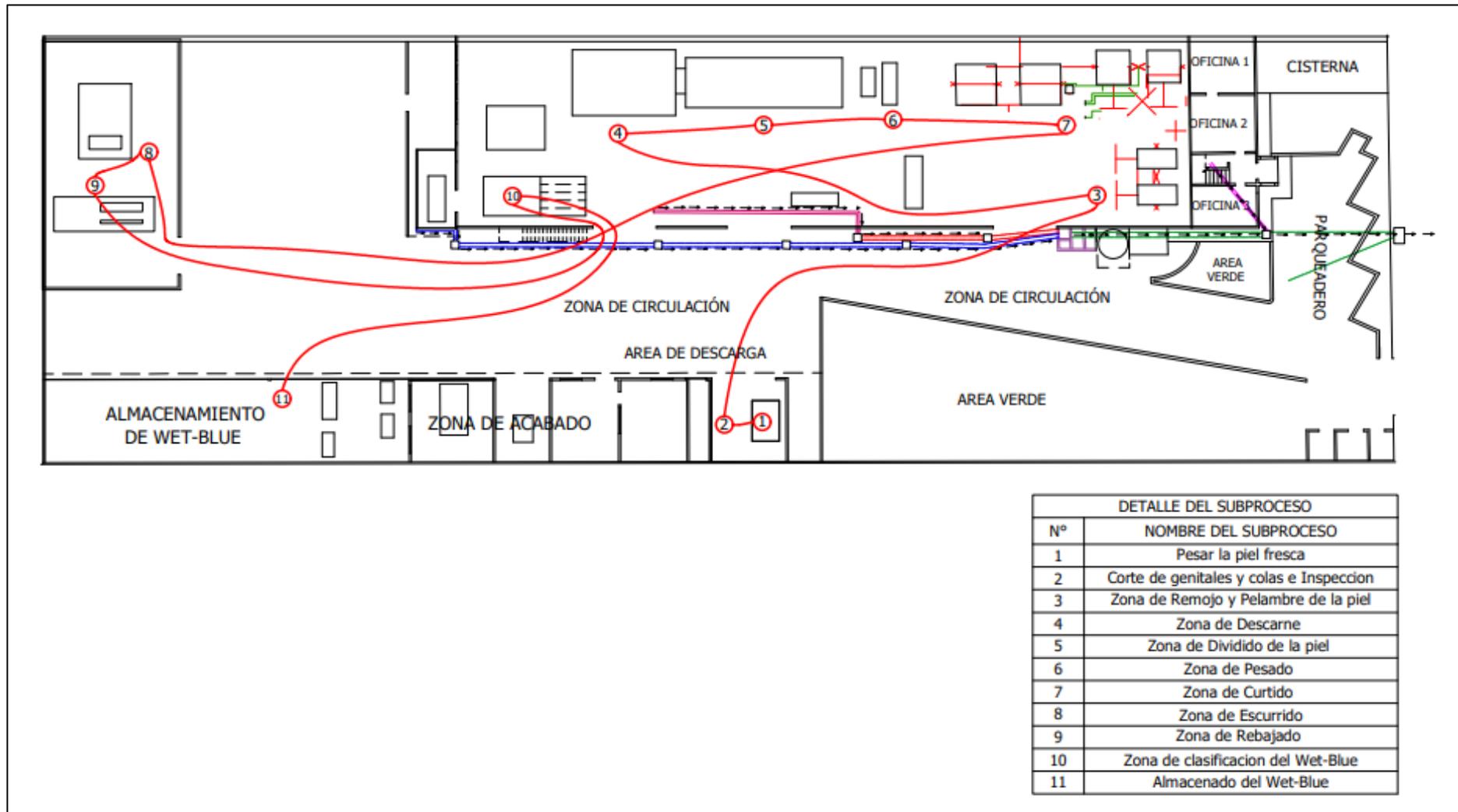


Figura 17. LAY OUT

4.2.8 Mapa de flujo de valor (VSM) actual

▪ Tiempo estándar actual por lote de producción

Para el análisis mediante el mapa de flujo de valor actual, primero se consideró para cada subproceso el tiempo estándar en minutos por lote de producción de cuero curtido, para el subproceso de limpieza es de 587.97 minutos, subproceso de separación de la carnaza 539.71 minutos, curtido 477.94 minutos, escurrido 213.83 minutos, rebajado 68.75 minutos y para el subproceso de clasificado de Wet-Blue y almacenado el tiempo es de 329.97 minutos por lote, en consecuencia el tiempo estándar por lote de producción es de 2218.17 minutos, como se detalla en la figura 18.

		Tiempo Estándar actual por Lote					
Subproceso	Actividades	Tiempo estándar por actividad (horas)	Tiempo estándar por subproceso (horas)	Tiempo estándar por lote (horas)	Tiempo estándar por lote (minutos)		
Limpieza	1 Pesar la piel fresca	0.003	0.120	7.170	587.97		
	2 Cortar genitales y colas de la piel	0.009					
	3 Inspeccionar la materia prima	0.008					
	4 Transportar hacia la planta de producción	0.002					
	5 Pesar la piel fresca sin genitales y colas	0.004					
	6 Transportar la piel fresca a la zona de remojo - pelambre	0.002					
	7 Ingresar la piel al bombo con productos químicos (Remojo pelambre)	0.004					
	8 Iniciar el remojo	0.033					
	9 Iniciar el pelambre y dosificación de químicos	0.055					
Separación de la carnaza	10 Transportar la piel a la zona de descarnar	0.002	0.110	6.582	539.71		
	11 Retirar la carne y grasa de la piel (Descarnar)	0.045					
	12 Dividir	0.059					
	13 Pesar la materia orgánica	0.004					
Curtido	14 Preparar los compuestos químicos con su medida y peso exacto	0.004	0.097	5.829	477.94		
	15 Transportar la piel a la zona de curtido	0.004					
	16 Ingresar la piel al bombo con productos químicos	0.006					
	17 Curtir	0.083					
Ecurrido	18 Transportar hacia el proceso de escurrido	0.006	0.043	2.608	213.83		
	19 Remover el contenido de agua (Ecurrido)	0.037					
Rebajado	20 Reducir el espesor del cuero (Rebajado)	0.014	0.014	0.838	68.75		
Clasificado del Wet-Blue y Almacenado	21 Clasificar el Wet-Blue	0.063	0.067	4.024	329.97		
	22 Transportar al almacenado del Wet-Blue (Producto final)	0.004					
Tiempo total estándar en minutos por lote de 82 unidades de cuero cuero curtido Wet-Blue					2218.17		

Figura 18. Tiempo estándar actual por lote de producción

▪ **Tiempo de permanencia**

El cálculo del tiempo de permanencia se realizó considerando información proporcionada por la jefatura de planta de la empresa, además de la observación realizada a los inventarios que se generan en cada subproceso, la ecuación utilizada fue la siguiente:

$$\textit{T tiempo de permanencia} = \frac{\textit{Cantidad de inventario}}{\textit{Requerimiento diario del cliente}} \quad [3]$$

El ritmo de producción diario según el takt time es de 19 bandas/día, en la tabla 12 se detalla el lead time para cada subproceso con la información de inventario proporcionada.

TABLA 12. TIEMPO DE PERMANENCIA POR SUBPROCESO

Subproceso	Inventario (unidades)	Tiempo de permanencia (minutos)
Limpieza	10	0.53
Separación de la carnaza	0	0
Curtido	0	0
Ecurrido	0	0
Rebajado	0	0
Clasificado del Wet-Blue y Almacenado	8	0.42
Total	18	0.95

En la tabla 12 se aprecia el tiempo de permanencia para cada uno de los subprocesos en la elaboración de cuero curtido Wet-Blue, es importante mencionar que en la mayoría de los subprocesos no se cuenta con inventario, se observa que en la limpieza se tiene inventario debido a que una parte se almacena en el área de salado, así también en el clasificado y almacenamiento de Wet-Blue también se tiene inventario debido a que una parte se vende y otra se almacena para utilizarlo en el proceso de salado.

Con la información del tiempo estándar por lote y el cálculo del tiempo de permanencia se procede a realizar el VSM actual del proceso de cuero curtido Wet-Blue de la curtiduría Hidalgo, figura 19.

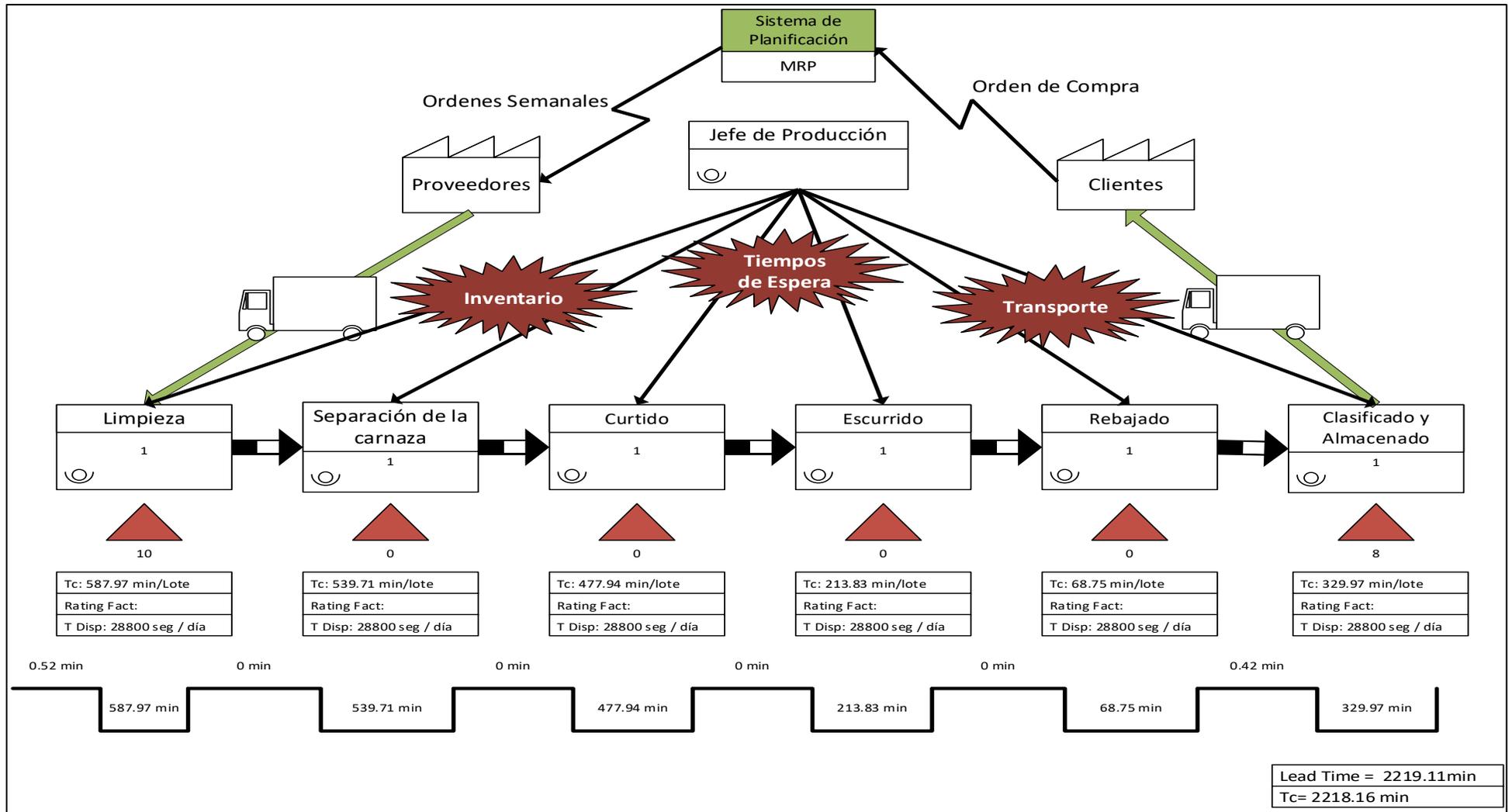


Figura 19. VSM actual

4.3 Herramientas de manufactura esbelta más apropiadas para reducir los desperdicios generados

4.3.1 Asignación de herramientas de mejora

Para seleccionar las herramientas adecuadas y de esta manera reducir los desperdicios generados en el proceso se utilizó la matriz detallada en la figura 20, en la misma se muestran herramientas relacionadas a acciones correctivas con respecto a los desperdicios (mudas) presentes en la producción, para el uso de esta matriz se emplea la siguiente codificación por colores.

- **Verde:** cuando existe una relación alta entre las herramientas de mejora y los desperdicios.
- **Naranja:** si existe una relación media entre las herramientas de mejora y los desperdicios.
- **Rojo:** si existe una relación baja entre las herramientas de mejora y los desperdicios

Herramientas \ Desperdicios	Jidoka	SMED	Fabrica Visual	Estandarización	TPM	Kanban	Kaizen
Esperas	Rojo	Naranja	Naranja	Verde	Verde	Naranja	Naranja
Movimientos innecesarios	Rojo	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Naranja	Naranja
Sobre procesamiento	Naranja	Rojo	Naranja	Verde	Rojo	Verde	Verde
Transportes innecesarios	Rojo	Verde	Naranja	Verde	Naranja	Rojo	Rojo
Sobre producción	Rojo	Rojo	Naranja	Verde	Rojo	Verde	Naranja
Reproceso	Naranja	Rojo	Naranja	Rojo	Verde	Rojo	Verde
Inventario	Rojo	Rojo	Naranja	Verde	Rojo	Verde	Naranja

Figura 20. Asignación de herramientas de mejora

Con las relaciones determinadas entre las herramientas de mejora con los desperdicios, se puede evidenciar claramente cuáles de ellas son aplicables para corregir y/o reducir los desperdicios que causan mayores impactos negativos al proceso productivo de

cuero curtido Wet-Blue.

4.3.2 Identificación de aspectos para la toma de decisión

Se analizaron cuatro aspectos, a criterio del investigador son imprescindibles considerarlos, estos son:

- a. Costo
- b. Beneficios
- c. Fácil implementación
- d. Tiempo para implementar

4.3.3 Asignación de pesos a cada aspecto

Para cada aspecto considerado se establece un peso de acuerdo a la tabla 13, se detalla a continuación:

TABLA 13: PESOS DE LOS ASPECTOS

Aspecto	Peso
Costo	10
Beneficios	9
Facilidad para implementar	8
Tiempo de implementación	7

4.3.4 Alternativas de las herramientas de manufactura esbelta

En relación a lo investigado y estudiado se consideran como principales herramientas de la manufactura esbelta las siguientes:

- a) Jidoka
- b) SMED
- c) Fábrica Visual
- d) Estandarización
- e) TPM
- f) Kanban
- g) Kaizen

4.3.5 Matriz de alternativas para decisión

En la tabla 14 se detalla la valoración para cada alternativa de decisión, en función de los resultados que se puedan obtener con la aplicación de cada una de las herramientas de manufactura esbelta consideradas:

TABLA 14: MATRIZ DE ALTERNATIVAS PARA DECISIÓN

Alternativas	Costo	Beneficios	Facilidad para implementar	Tiempo de implementación
Jidoka	6	6	4	5
SMED	5	7	5	6
Fábrica Visual	3	5	5	6
Estandarización	7	8	7	8
TPM	8	9	8	7
Kanban	7	8	6	6
Kaizen	6	6	6	5

4.3.6 Valoración de la matriz de alternativas para decisión

TABLA 15: MATRIZ VALORADA DE ALTERNATIVAS PARA DECISIÓN

Alternativas	Costo	Beneficios	Facilidad para implementar	Tiempo de implementación	Total
Jidoka	60	54	32	35	181
SMED	50	63	40	42	195
Fábrica Visual	30	45	40	42	157
Estandarización	70	72	56	56	254
TPM	80	81	64	49	274
Kanban	70	72	48	42	232
Kaizen	60	54	48	35	197

En la tabla 15 se detallan las valoraciones obtenidas para cada alternativa de las herramientas de manufactura esbelta a considerar en la presente investigación, según los resultados obtenidos y con mayor puntaje están las herramientas de TPM (Mantenimiento Productivo Total) con 274 y la estandarización con 254 puntos, en este sentido son las herramientas a implementar para optimizar el proceso de fabricación de cuero curtido Wet-Blue en la curtiduría Hidalgo.

4.4 Estandarización

El resultado del cursograma analítico (diagrama de flujo de proceso) evidencia la existencia de actividades que no agregan valor al proceso de fabricación de cuero curtido Wet-Blue y esto significa desperdicios para la empresa; en donde, sobresalen 8 eventos (actividades), por ello se propone disminuir estos tiempos improductivos estandarizándolos para obtener mejor eficiencia en la producción de cuero curtido Wet-Blue.

A partir de este insumo se establece la siguiente propuesta que consiste en:

- Evaluación de actividades que no agregan valor que pueden ejecutarse de manera paralela; y,
- Elaboración de VSM mejorado.

4.4.1 Evaluación de actividades que no agregan valor.

▪ Redistribución de planta

Para evaluar las actividades que no agregan valor y así reducir el tiempo del ciclo del proceso, se propone una nueva redistribución de planta utilizando el método SLP (Systematic Layout Planning), para lo cual se siguieron los siguientes pasos.

▪ Diagrama de relaciones

En la tabla 16 se muestra las áreas que intervienen en el proceso productivo de la fabricación de cuero curtido Wet-Blue, con su respectiva asignación numérica.

TABLA 16: DESIGNACIÓN DE ÁREAS

Área	Número
Pesado de piel fresca	1
Corte de genitales	2
Zona de remojo y pelambre de piel	3
Zona de descarnar	4
Zona de dividido de piel	5
Zona de pesado	6
Zona de curtido	7
Zona de escurrido	8
Zona de rebajado	9
Zona de clasificación del Wet-Blue	10
Almacenado del Wet-Blue	11

En la tabla 17 y 18 se detallan la escala de valores para la proximidad y los códigos de las razones como un complemento para el diagrama de relaciones. Estos valores son asignados debajo del valor de la relación en el diagrama de relaciones,

TABLA 17: ESCALA DE VALORES PROXIMIDAD Y CÓDIGOS

Letra	Proximidad	Código de colores	Número de líneas
A	Absolutamente necesaria	Rojo	4 rectas
E	Especialmente importante	Naranja	3 rectas
I	Importante	Verde	2 rectas
O	Importancia ordinaria	Azul	1 recta
U	No importante	-----	----
X	Indeseable	Pardo	zigzag

TABLA 18: CÓDIGO DE RAZÓN

Número	Razón
1	Por control
2	Por higiene
3	Por proceso
4	Por conveniencia
5	Por seguridad

Siguiendo la metodología del método SLP, en la figura 21 muestra el diagrama de relaciones entre las diferentes áreas de trabajo del proceso de fabricación de cuero curtido Wet-Blue

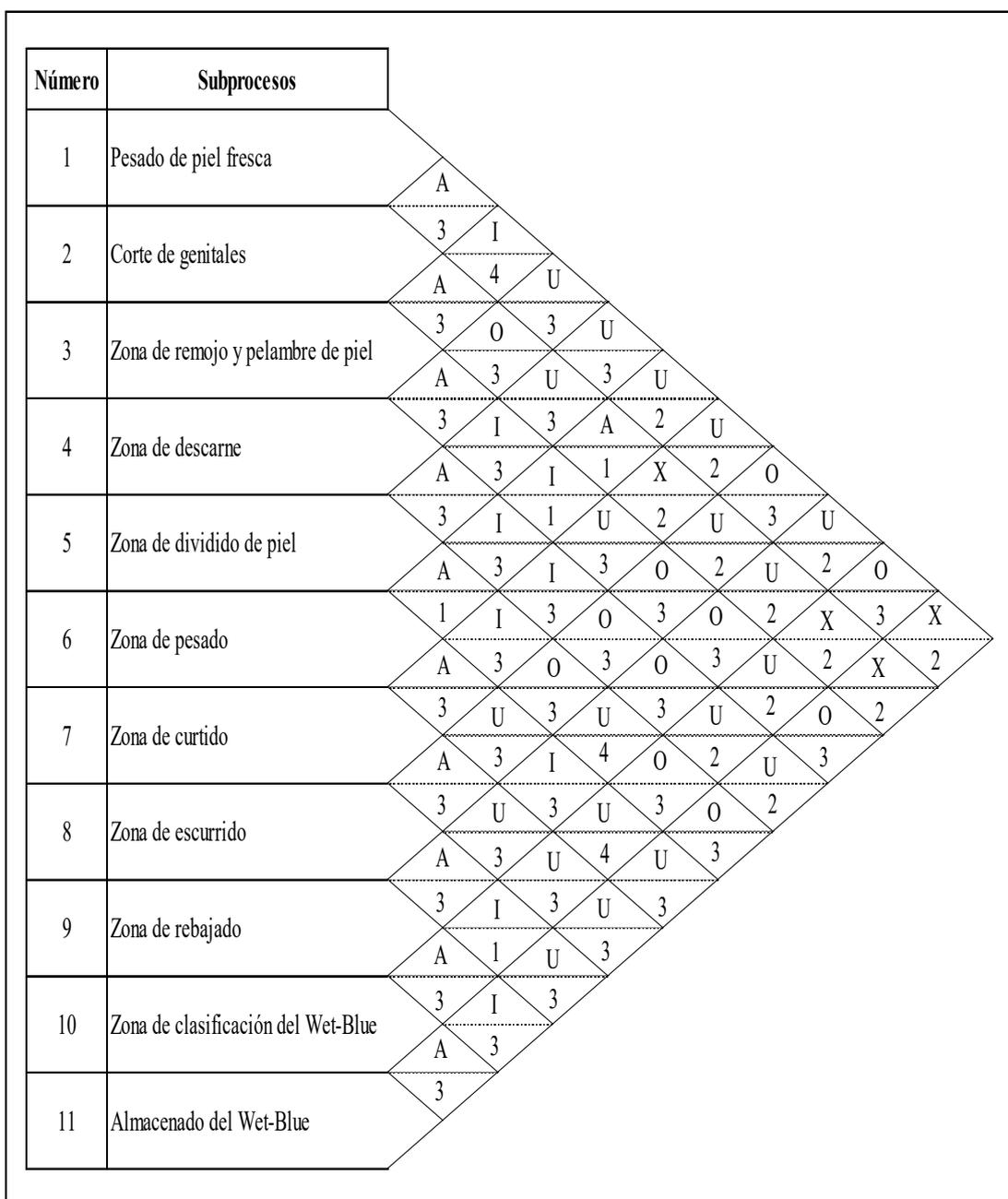


Figura 21. Diagrama de relaciones

▪ **Diagrama de relaciones entre actividades**

En la tabla 19 se indica el número de relaciones existentes, y en la figura 22 se muestra el diagrama de relaciones entre actividades, teniendo en cuenta las relaciones del identificadas en el respectivo diagrama.

TABLA 19: RESUMEN DE NÚMERO DE RELACIONES

Código	Relación de proximidad	Número de relaciones
A	Absolutamente necesaria	11
E	Especialmente importante	0
I	Importante	9
O	Importancia ordinaria	11
U	No importante	20
X	Indeseable	4

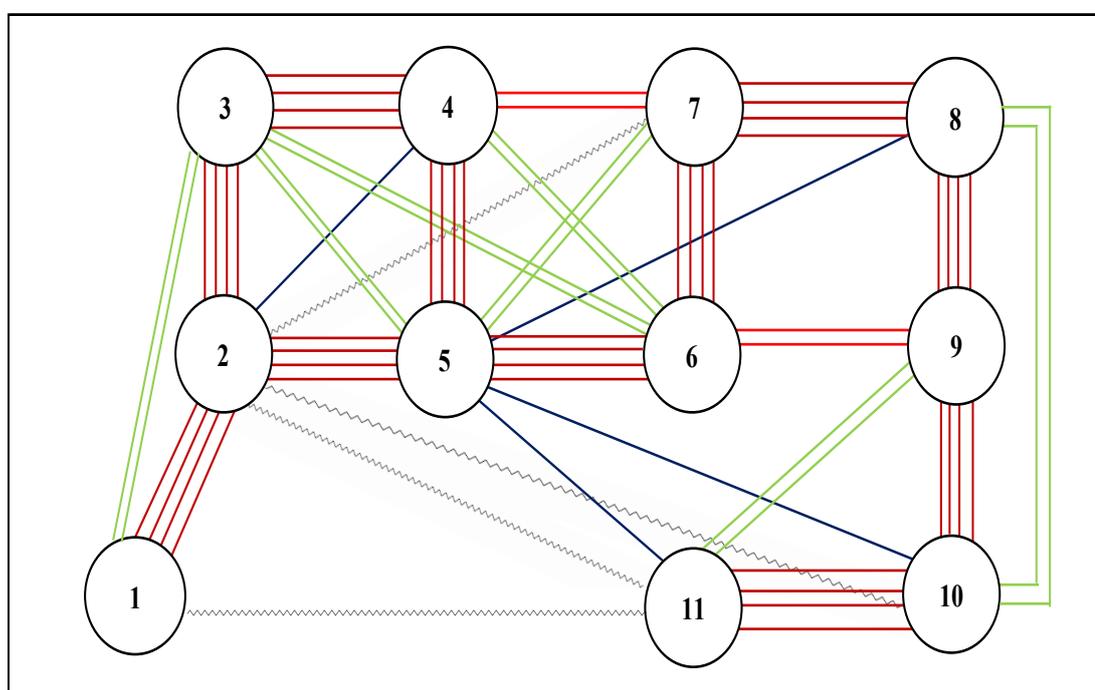


Figura 22. Diagrama de relaciones entre actividades

▪ **LAY OUT propuesto**

Con el objetivo de minimizar las distancias recorridas y en base al análisis SLP se propone la siguiente redistribución física para el proceso de cuero curtido Wet-Blue en la Curtiduría Hidalgo, se describe de manera gráfica el Lay Out propuesto de la empresa, la figura 23 muestra el detalle.

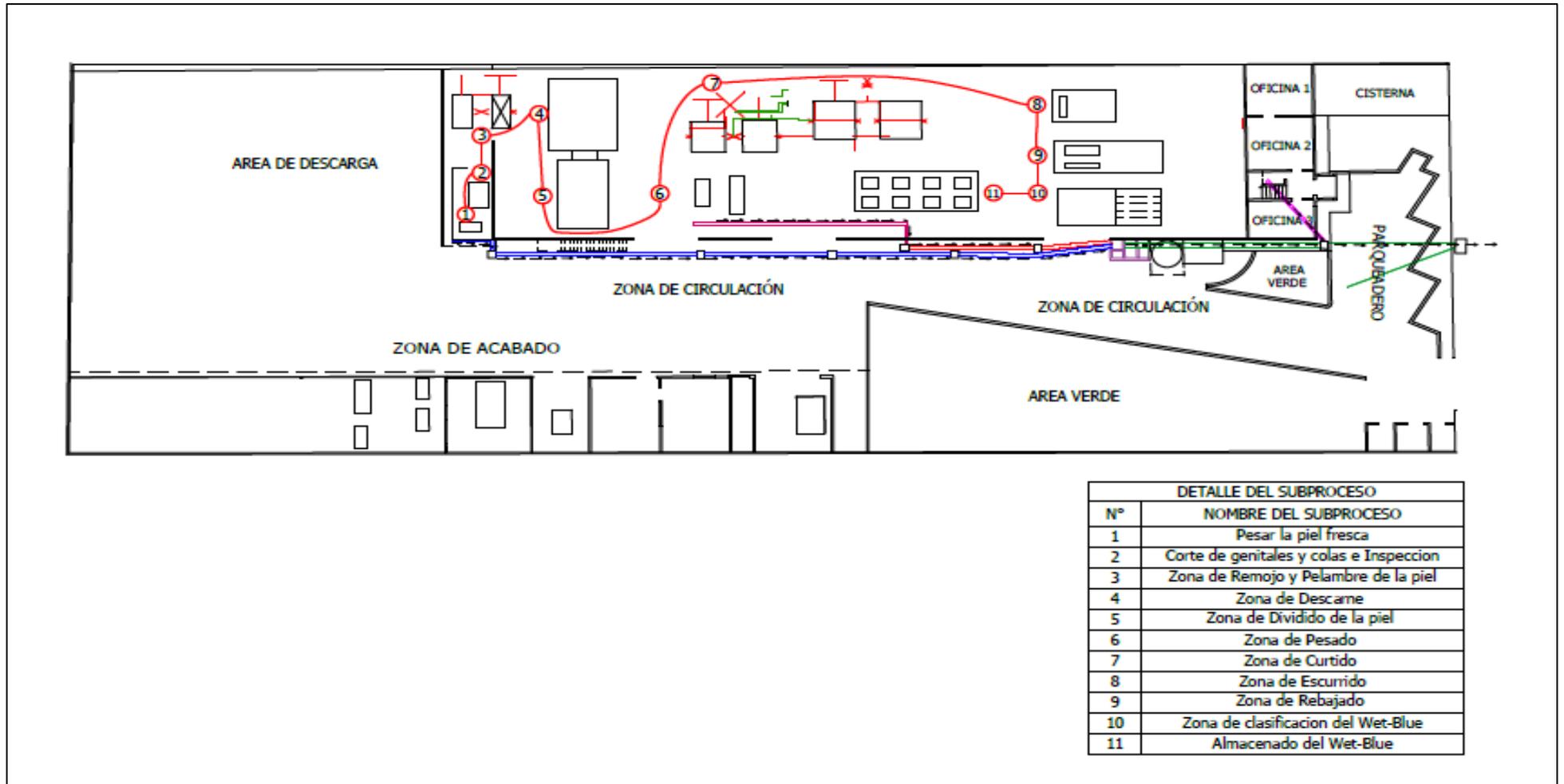


Figura 23. LAY OUT propuesto

Evaluando las actividades que no agregan valor con el Lay Out propuesto en el proceso de fabricación de cuero curtido Wet-Blue se busca reducir los tiempos de fabricación. En la figura 24 se detalla en base al tiempo estándar establecido para cada etapa, las actividades que no agregan valor y que se pueden estandarizar para realizarlas de manera paralela en el proceso de fabricación de cuero curtido Wet-Blue.

		EVALUACIÓN ACTIVIDADES QUE NO AGREGAN VALOR					
Actividad / Evento	Tiempo Básico (horas)	Coefficiente de descuento	Frecuencia / Unidad (gramos)	Tiempo estándar / Unidad (horas)	Tiempo de ciclo (Horas)	Actividades que agregan valor	Actividades que no agregan valor
Pesar la piel fresca	0.289	1.26	0.0083	0.0030	0.0030	X	
Cortar genitales y colas de la piel	0.752	1.37	0.0083	0.0085	0.0115	X	
Inspeccionar la materia prima	0.728	1.39	0.0083	0.0084			X
Transporte hacia la planta de producción	0.197	1.19	0.0083	0.0019			X
Pesar la piel fresca sin genitales y colas	0.265	1.8	0.0083	0.0039	0.0155	X	
Transportar la piel fresca a la zona de remojo - pelambre	0.189	1.19	0.0083	0.0019			X
Ingresar la piel al bombo con productos químicos (Remojo pelambre)	0.392	1.22	0.0083	0.0040	0.0194	X	
Inicio de remojo	4.000	1	0.0083	0.0331	0.0525	X	
Inicio de pelambre y dosificación de químicos	6.620	1	0.0083	0.0548	0.1073	X	
Transportar la piel a la zona de descarnar	0.192	1.19	0.0083	0.0019			X
Retirar la carne y grasa de la piel (Descarne)	4.065	1.3	0.0085	0.0452	0.1525	X	
Dividido	5.277	1.3	0.0085	0.0586	0.2111	X	
Pesar la materia orgánica	0.262	1.8	0.0085	0.0040	0.2151	X	
Preparar los compuestos químicos con su medida y peso exacto	0.305	1.21	0.0122	0.0045	0.2196	X	
Transportar la piel a la zona de curtido	0.290	1.19	0.0122	0.0042			X
Ingresar la piel al bombo con productos químicos	0.388	1.22	0.0122	0.0058	0.2254	X	
Curtido	6.800	1	0.0122	0.0827	0.3081	X	
Transporte hacia el proceso de escurrido	0.400	1.3	0.0121	0.0063			X
Remoción del contenido de agua (Ecurrido)	2.368	1.3	0.0121	0.0372	0.3453	X	
Reducción del espesor del cuero (Rebajado)	0.890	1.3	0.0121	0.0140	0.3592	X	
Clasificado del Wet-blue	3.702	1.39	0.0122	0.0628			X
Transporte al almacenado del Wet-blue (Producto final)	0.297	1.19	0.0122	0.0043	0.36354		X

Figura 24. Evaluación actividades que no agregan valor al tiempo del ciclo

Posterior a la evaluación de las actividades que agregan valor y las que no agregan se calcula el nuevo tiempo del ciclo, el cual se va sumando al tiempo estándar de cada actividad anterior sin considerar el tiempo de las actividades externas, en total se

obtiene un tiempo actual de ciclo estándar de 0.36354 horas, esto significa que en la Curtiduría Hidalgo se podría producir una banda de cuero curtido Wet-Blue de 9500 gramos cada 0.36354 horas, lo que se convierte en una producción de 2.75 bandas de cuero curtido Wet-Blue por hora. En este sentido la producción se ve aumentada en un 24,07%, según se muestra en la tabla 20.

TABLA 20. INCREMENTO DE PRODUCCIÓN

Tiempo total ciclo actual fabricación de cuero curtido Wet-Blue	0,45085 horas
Tiempo total estándar actividades que no agregan valor	0,08731 horas
Tiempo total ciclo de fabricación sin actividades que no agregan valor	0,36354 horas
Producción diaria con tiempo ciclo actual	17,74 uni.
Producción sin actividades que no agregan valor	22,01 uni.
Porcentaje de incremento de la producción	24,07%

4.4.2 Takt time vs tiempo de ciclo propuesto

 Takt time / tiempo de ciclo 	
<p><i>Demanda Promedio Mensual</i> 478</p> <p>Tiempo disponible 25200 seg.</p> <p>Demanda diaria 19</p> <p>TAKT TIME 1317 seg/unidad</p> <p>TIEMPO DE CICLO 1206 seg/unidad</p>	
Días laborales	25
Jornada diaria (horas)	8
Turnos	1
Descansos x turno (min)	60
Producción (diaria)	22
% de Productos Conformes	95%
Unidades Producidas "aptas"	20.90
Takt Time vs. Tiempo de Ciclo	
Takt Time	1317 52%
Tiempo de Ciclo	1206 48%
TOTAL	2523 100%
GAP (Brecha)	
4%	

Figura 25. Takt time vs tiempo de ciclo propuesto

El tiempo de ciclo propuesto indica que el proceso tarda 1206 segundos por unidad, con una brecha positiva del 4% respecto del takt time que es de 1317 por unidad, esto

significa que el tiempo o el ritmo al que el mercado hace la demanda de unidades de Wet-Blue es menor al tiempo que hace falta para producir este producto, por lo que se podría cumplir con la demanda, según se detalla en la figura 25.

4.4.3 Mapa de flujo de valor (VSM) mejorado

▪ Tiempo estándar mejorado por lote de producción

Para el análisis del mapa de flujo de valor mejorado se consideró el tiempo estándar en minutos por lote de producción de cuero curtido de cada subproceso, que según el análisis de estandarización para el subproceso de limpieza es de 528.03 minutos, subproceso de separación de la carnaza 530.41 minutos, curtido 457.27 minutos, escurrido 182.96 minutos, rebajado 68.75 minutos y para el subproceso de clasificado de Wet-Blue y almacenado el tiempo es de 0 minutos por lote, en consecuencia el tiempo estándar mejorado por lote de producción es de 1767.42 minutos, como se detalla en la figura 26.

		Tiempo Estándar mejorado por Lote				
Subproceso	Actividades	Tiempo estándar por actividad (horas)	Tiempo estándar por subproceso (horas)	Tiempo estándar por lote (horas)	Tiempo estándar por lote (minutos)	
Limpieza	1 Pesar la piel fresca	0.003	0.107	6.439	528.03	
	2 Cortar genitales y colas de la piel	0.009				
	3 Inspeccionar la materia prima					
	4 Transportar hacia la planta de producción					
	5 Pesar la piel fresca sin genitales y colas	0.004				
	6 Transportar la piel fresca a la zona de remojo - pelambre					
	7 Ingresar la piel al bombo con productos químicos (Remojo pelambre)	0.004				
	8 Iniciar el remojo	0.033				
	9 Iniciar el pelambre y dosificación de químicos	0.055				
Separación de la carnaza	10 Transportar la piel a la zona de descarte		0.108	6.468	530.41	
	11 Retirar la carne y grasa de la piel (Descarte)	0.045				
	12 Dividir	0.059				
	13 Pesar la materia orgánica	0.004				
Curtido	14 Preparar los compuestos químicos con su medida y peso exacto	0.004	0.093	5.576	457.27	
	15 Transportar la piel a la zona de curtido					
	16 Ingresar la piel al bombo con productos químicos	0.006				
	17 Curtir	0.083				
Ecurrido	18 Transportar hacia el proceso de escurrido		0.037	2.231	182.96	
	19 Remover el contenido de agua (Ecurrido)	0.037				
Rebajado	20 Reducir el espesor del cuero (Rebajado)	0.014	0.014	0.838	68.75	
Clasificado del Wet-Blue y Almacenado	21 Clasificar el Wet-Blue		0.000	0.000	0.00	
	22 Transportar al almacenado del Wet-Blue (Producto final)					
Tiempo total estándar en minutos por lote de 82 unidades de cuero cuero curtido Wet-Blue					1767.42	

Figura 26. Tiempo estándar mejorado por lote

- **Tiempo de permanencia**

El tiempo de permanencia a considerarse para el mapa de flujo de valor mejorado se mantiene en 0.95 minutos.

- **VSM mejorado**

Con el nuevo tiempo estándar por lote, el tiempo de permanencia y con la identificación de los desperdicios o mudas del proceso de obtención el cuero curtido WET-BLUE, se representa el mapa de flujo de valor mejorado, como se muestra en la figura 27.

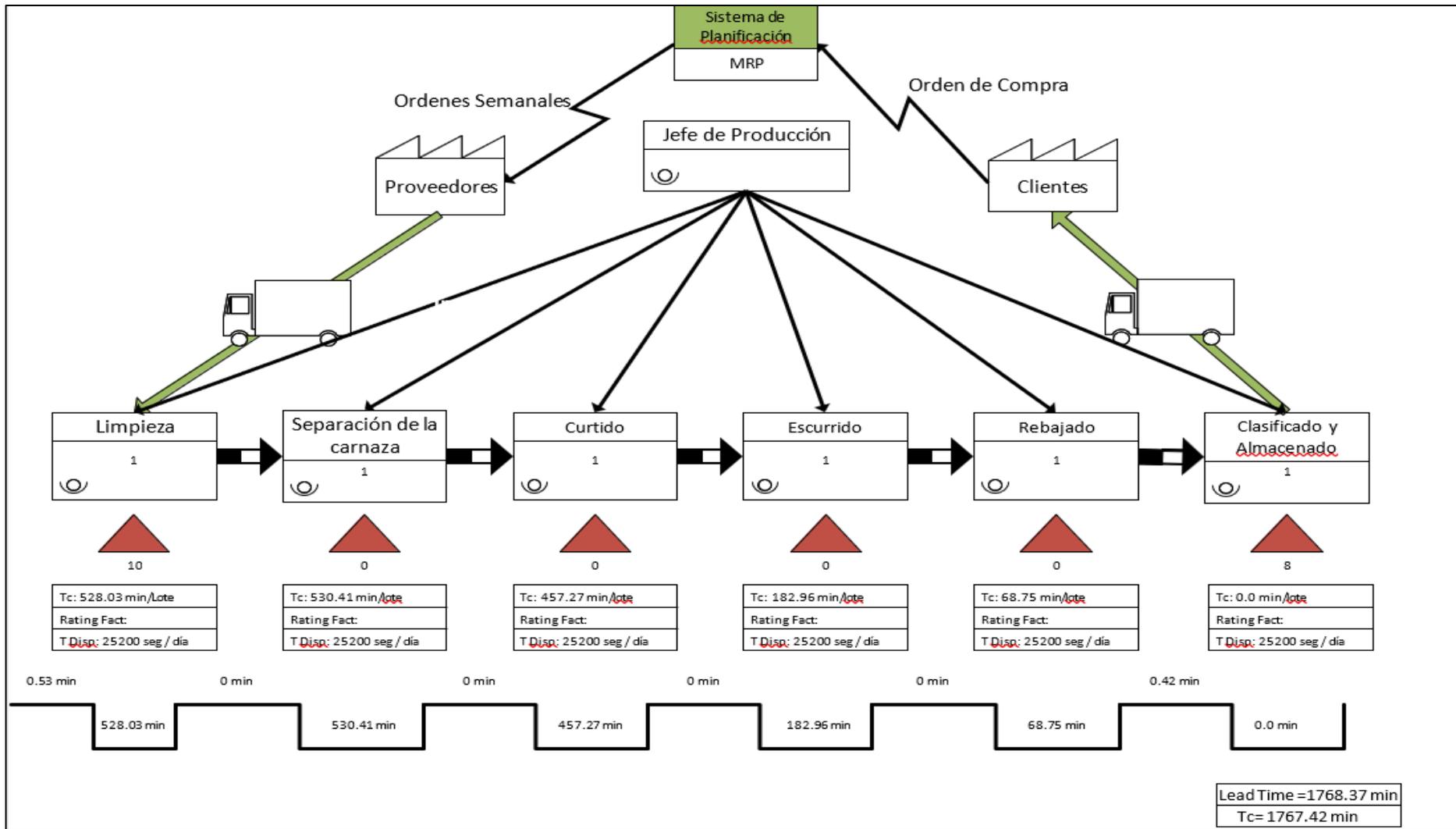


Figura 27. VSM mejorado

4.5 Mantenimiento productivo total (TPM)

La propuesta del mantenimiento productivo total para los equipos y maquinarias del proceso de fabricación de cuero curtido Wet-Blue se basa en la planeación estratégica (PE). En este sentido la estrategia se refiere a la formulación de la misión, visión, propósitos, políticas, programas y métodos para cumplir los fines propuestos; a su vez, la planeación estratégica es el proceso a través del cual la empresa establece y mantiene las relaciones internas con su entorno mediante el establecimiento de objetivos y el esfuerzo sistemático para conseguir en el futuro una comunicación deseable. Para implementar esta propuesta y poder optimizar sus procesos, se debe desarrollar dos de los ocho pilares fundamentales del mantenimiento productivo total, los cuales podrán ejecutarse en el corto plazo:

- **Mantenimiento autónomo**, cada trabajador inspecciona y monitorea su equipo de forma independiente.
- **Mantenimiento planificado**, enfoque programado para mantener los equipos y así garantizar que la empresa funcione sin interrupciones.

4.5.1 Desarrollo de la propuesta del TPM

Para el desarrollo de la propuesta se utiliza la metodología usada por [36], las etapas se detallan en la tabla 21:

TABLA 21. ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL TPM

Fase	Etapa	Aspectos de la Gestión
Preparación	1. Decisión de aplicar el TPM en la empresa	La alta dirección hace público su decisión de tener a cabo un programa de TPM a través de reuniones internas
	2. Capacitación e información sobre el TPM	Campañas informativas a todas las áreas para la introducción al TPM
	3. Estructura promocional sobre el TPM	Formar comités especiales en cada área para promover el TPM.
	4. Objetivos y políticas básicas del TPM	Analizar las condiciones existentes. Establecer objetivos y prever resultados
	5. Plan maestro de desarrollo del TPM	Preparar planes centrados con la actividad a desarrollar a los plazos de tiempo que se prevén para ello
Introducción	6. Arranque formal del TPM	Inicio y desarrollo invitando a clientes e invitados
Implantación	7. Mejorar la efectividad de los equipos	Seleccionar un equipo con pérdidas crónicas y analizar causas y efectos para poder actuar
	8. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo	Programa básico y formación adecuada
	9. Desarrollar un programa de mantenimiento planificado	Incluir el mantenimiento periódico o con parada, correctivo y predictivo
	10. Formación para elevar capacidades de mantenimiento	Enseñar a los correspondientes miembros del grupo
	11. Establecer seguridad e higiene en el trabajo	Instruir a los colaboradores a fin de que conozcan las áreas seguras y evitar accidentes
Consolidación	12. Consolidar el TPM y evaluar las metas	Mantener y mejorar los resultados a obtener

Fuente: [36].

▪ **Etapa 1: Decisión de aplicar el TPM en la empresa curtiduría Hidalgo**

A través de una reunión de Gerencia, organizada y planificada, la dirección de curtiduría Hidalgo aprobará e informará la implementación del TPM y coordinará con todas las áreas de la empresa para tal fin.

▪ **Etapa 2: Capacitación e información sobre el TPM**

Posterior a la autorización de parte de la dirección de la empresa, se debe ejecutar la segunda etapa, en la misma se desarrollarán capacitaciones y charlas para brindar información sobre el TPM y con ello cumplir con el objetivo de la implantación del TPM. Las charlas y capacitaciones se darán al personal del proceso de cuero curtido Wet-Blue, los temas a tratar serán:

- Conceptos generales del TPM
- Objetivos de la implantación del TPM
- Conceptos sobre mantenimiento autónomo y planificado

El responsable directo de estas charlas y capacitaciones es el jefe de mantenimiento de la empresa, al finalizar las capacitaciones se asignará funciones y roles al personal del proceso de cuero curtido Wet-Blue.

▪ **Etapa 3: Estructura promocional sobre el TPM**

Proceder a elegir el comité para que realice el proceso de motivación al personal sobre el propósito de la implantación del TPM, para conseguir esta etapa se debe proceder a:

- Definir la estructura organizacional del TPM y designar un coordinador
- Definir y comunicar las funciones y roles a los miembros

En la figura 28 se muestra la organización del TPM para el proceso de cuero curtido Wet-Blue en la empresa curtiduría Hidalgo.

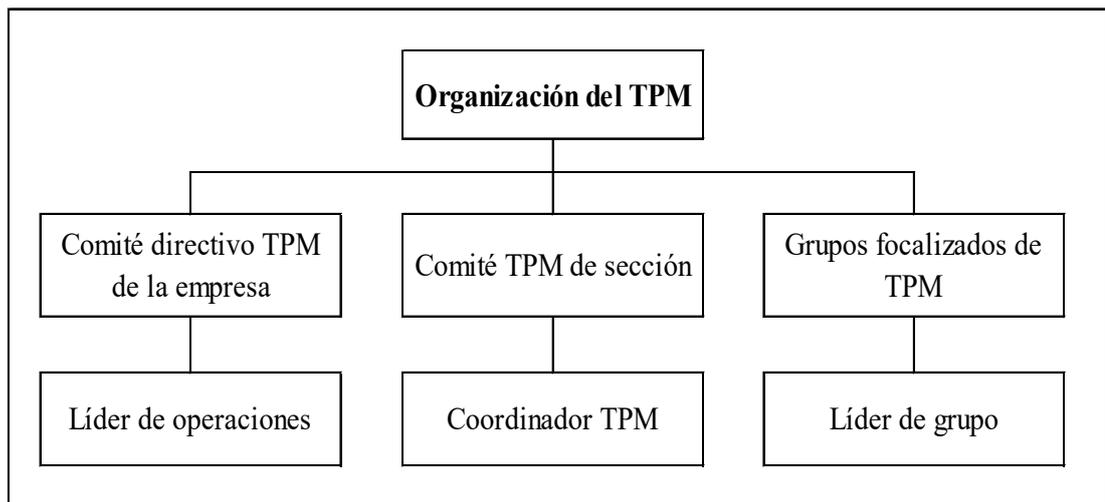


Figura 28. Organización del TPM curtiduría Hidalgo

El coordinador de TPM tendrá como funciones principales informar de manera general sobre el TPM, fijar las metas, políticas y estrategias del TPM, colaborar con la implantación del TPM y supervisar el avance y éxito de la implementación.

▪ **Etapa 4: Objetivos y políticas básicas del TPM**

En esta etapa se debe incorporar a la política estratégica de la empresa la implementación del TPM. A través del departamento de mantenimiento de la empresa se establecen políticas y objetivos básicos para el mantenimiento de los equipos y maquinarias del proceso de cuero curtido Wet-Blue, que en el corto plazo ayudan a eliminar defectos y averías:

- Elaborar el plan de mantenimiento
- Formular notificaciones de mantenimiento
- Mejorar la efectividad de los equipos eliminando los tiempos perdidos
- Formular programa de mantenimiento planificado según el área
- Capacitar al personal para que mejore su capacidad de respuesta en las actividades de mantenimiento
- Elaborar Check list de mantenimiento
- Establecer un programa de información de las maquinarias (inventario de equipos), según el detalle de la tabla 22.
- Establecer ficha de características técnicas de los equipos según el detalle que muestran en las figuras 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36 y 37.

TABLA 22. INVENTARIO DE EQUIPOS

Ítems	Código	Nombre del equipo	Modelo	Fabricante
1	BB-01	Bombo de remojo-pelambre 1	S/M	S/N
2	BB-02	Bombo de remojo-pelambre 2	S/M	S/N
3	FL-01	Filtro compactador	S/M	S.C. Construzioni meccaniche
4	FL-02	Filtro compactador	S/M	S.C. Construzioni meccaniche
5	DC-01	Descarnadora	TFF-32	Rizzi
6	DV-01	Divididora	2000	Gemata
7	BB-03	Bombo de curtido	S/M	S/N
8	ES-01	Escurridora	PCR/18	Escomar
9	RP-01	Rebajadora	1800	Aletti
10	PP-01	Bomba de alimentación	6x8-13	Goulds
11	PP-02	Bomba dosificadora	60-AP44- P77_M	ITE
12	PP-03	Boma dosificadora	60-AP54- P61_M	ITE

Nombre del equipo: Divididora	
Dimensiones: Alto: 1835 mm Largo: 5470 mm Ancho: 1780 mm Largo de mesa de trabajo: 2000 mm	Parámetros de diseño: Potencia para piel en tripa: 27 KW Potencia para Wet-Blue: 26 KW Velocidad de trabajo: 5-45 m/s
Principio de funcionamiento: Secciona la piel apoyándose entre dos cilindros, a través de una chuchilla en forma de cinta sin-fin, la cual se mueve en un plano paralelo al lado de la flor y al lado de la carne	
Tipo de operación: Continuo	
Esquema del equipo:	

Figura 29. Características técnicas divididora

Nombre del equipo: Bombo de remojo-pelambre	
Dimensiones: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bombo. Diámetro: 3600 mm Largo: 3600 mm Espesor: 100 mm <ul style="list-style-type: none"> ▪ Paletas. Alto: 700 mm Largo: 3600 mm Espesor: 100 mm	Parámetros de diseño: Potencia: 56 KW Velocidad: 3 rpm Volumen total: 35,8 m ³ Volumen útil: 17,9 m ³
Principio de funcionamiento:	
Reactor con baffles internos en donde se lleva a cabo el proceso de remojo pelambre	
Tipo de operación: Continuo	
Esquema del equipo:	

Figura 30. Características técnicas bombo de remojo-pelambre

Nombre del equipo: Bomba de alimentación	
Dimensiones: Alto: 774 mm Diámetro de descarga: 6 pulgadas. Diámetro de succión: 8 pulgadas	Parámetros de diseño: Potencia: 187 KW Velocidad: 1750 rpm
Principio de funcionamiento:	
Transferencia de la fuerza radial a un flujo axial, debido a la fuerza centrífuga generada por las revoluciones de las hélices internas de la carcasa.	
Tipo de operación: Continuo	
Esquema del equipo:	

Figura 31. Características técnicas bomba de alimentación

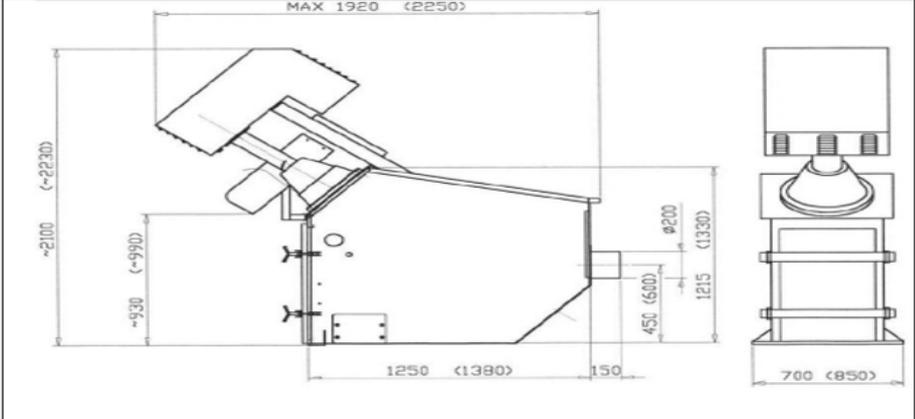
Nombre del equipo: Filtro compactador	
Dimensiones: Alto: 2100 mm Largo: 1920 mm Ancho: 700 mm	Parámetros de diseño: Potencia: 5 KW Caudal: 800-100 lts/min
Principio de funcionamiento: Filtro que posee un tornillo sin fin para compactar el pelo en un cono de caucho	
Tipo de operación: Continuo	
Esquema del equipo:	
 <p>The technical drawing shows a side view and a front view of the filter compactor. The side view includes dimensions: MAX 1920 (2250) for the total length, ~2100 (~2230) for the height, ~930 (~990) for the lower section height, 1250 (1380) for the base width, 150 for a small offset, 450 (600) for a vertical offset, 1215 (1330) for the lower section width, and Ø200 for a circular component. The front view shows a width of 700 (850).</p>	

Figura 32. Características técnicas filtro compactador

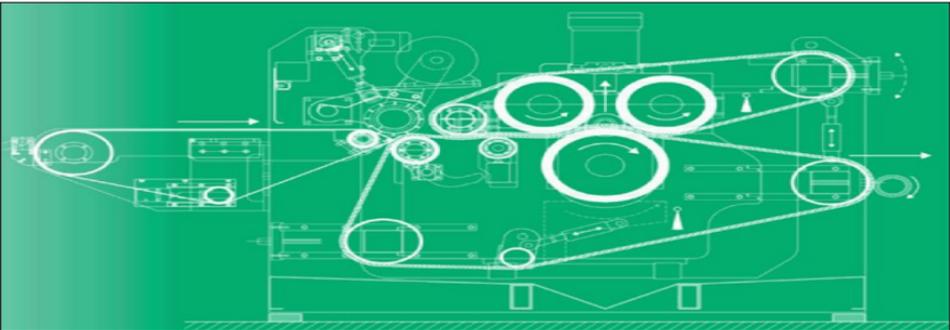
Nombre del equipo: Escurridora	
Dimensiones: Alto: 1900 mm Largo: 3800 mm Ancho: 2820 mm Largo de mesa de trabajo: 1800 mm	Parámetros de diseño: Potencia de bomba: 47 KW Velocidad del rodillo: 15 m/min
Principio de funcionamiento: El Wet-Blue pasa por dos felpas que se encuentran a presión, las mismas que tienen filtros para remover el exceso de humedad, para posterior transportarse al cilindro de cuchillas sin filo que abre las arrugas formadas.	
Tipo de operación: Continuo	
Esquema del equipo:	
 <p>The schematic diagram illustrates the internal drive mechanism of the dewatering machine, featuring a series of rollers and a drive shaft system with belts and pulleys, all set against a green background.</p>	

Figura 33. Características técnicas escurridora

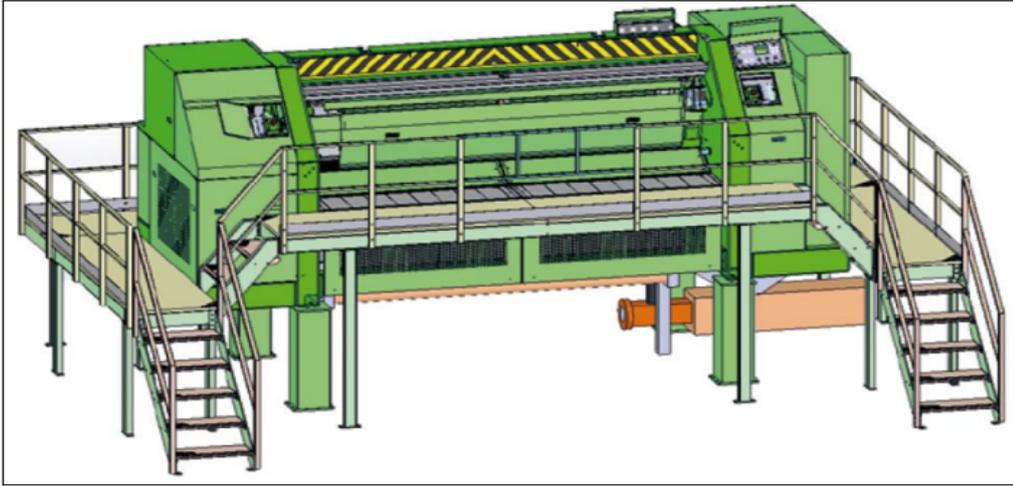
Nombre del equipo: Descarnadora	
Dimensiones: Alto: 2190 mm Largo: 5860 mm Ancho: 2040 mm Largo de mesa de trabajo: 3200 mm	Parámetros de diseño: Potencia: 144 KW Velocidad de transporte: 20-60 m/min
Principio de funcionamiento: Sistema de cuchillas al que se somete el lado carne de la piel, el lado flor se apoya sobre un cilindro de goma que soporta la presión ejercida.	
Tipo de operación: Batch	
Esquema del equipo:	
	

Figura 34. Características técnicas descarnadora

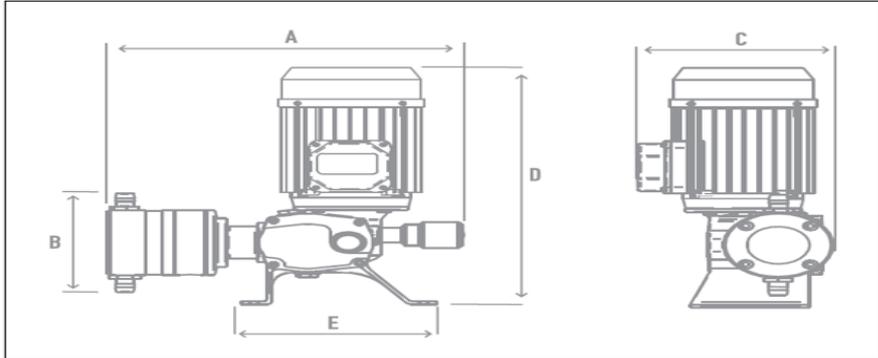
Nombre del equipo: Bomba dosificadora	
Dimensiones: Alto: 440 mm Ancho: 224 mm Largo: 392 mm	Parámetros de diseño: Potencia: 0,5 hp
Principio de funcionamiento: Transfiere fuerza de empuje gracias al pistón interno para asegurar presión constante en toda la línea de trabajo.	
Tipo de operación: Continuo	
Esquema del equipo:	
	

Figura 35. Características técnicas bomba dosificadora

Nombre del equipo: Bombo de curtido	
Dimensiones: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bombo. Diámetro: 3600 mm Largo: 3600 mm Espesor: 100 mm <ul style="list-style-type: none"> ▪ Paletas. Alto: 700 mm Largo: 3600 mm Espesor: 100 mm	Parámetros de diseño: Potencia: 31 KW Velocidad: 10 rpm Volumen total: 29,3 m ³ Volumen útil: 14,7 m ³
Principio de funcionamiento:	
Reactor con baffles internos para aumentar el efecto mecánico de los procesos de curtido, piquelado, desencalado y rendido.	
Tipo de operación: Batch	
Esquema del equipo:	

Figura 36. Características técnicas bombo de curtido

Nombre del equipo: Rebajadora	
Dimensiones: Alto: 2200 mm Largo: 4600 mm Ancho: 1900 mm Largo de mesa de trabajo: 1800 mm	Parámetros de diseño: Potencia: 67 KW Velocidad del rodillo: 5-50 m/min
Principio de funcionamiento:	
Rebaja el espesor del material hasta que sea uniforme, el cuero se apoya en un cilindro que ejerce presión en contra del cilindro de cuchillas	
Tipo de operación: Continuo	
Esquema del equipo:	

Figura 37. Características técnicas rebajadora

▪ **Etapa 5: Plan maestro de desarrollo del TPM**

Para la implementación del TPM se establecerá un plan, en el cual entre otros aspectos se debe considerar:

- Establecimiento del mantenimiento autónomo que será realizado por los colaboradores que operan los equipos.
- Mejora de la efectividad de las máquinas
- Asegurar la calidad del proceso y producto
- Establecimiento del mantenimiento planificado coordinado con el responsable del área de mantenimiento de la empresa
- Se deberá capacitar y formar para mejorar las aptitudes del personal técnico operativo y de mantenimiento de la empresa

En la figura 41 se detalla con mayor precisión el plan maestro de desarrollo del TPM en la curtiduría Hidalgo.

▪ **Etapa 6: Arranque formal del TPM**

Desde el inicio de la implementación del TPM se debe comunicar a todos los colaboradores del área de cuero curtido y a todos quienes estén relacionados con el proceso. La comunicación se debe realizar a través de invitaciones individuales tanto al personal de la empresa, a los clientes y a los proveedores, todo esto con el fin de que conozcan sobre la implementación del TPM en el proceso de cuero curtido Wet-Blue.

Una vez que se inicie la implementación, previa coordinación con las áreas involucradas, se ejecutará el mantenimiento con la aplicación de los acuerdos y conocimientos establecidos, en este proceso la gerencia debe realizar visitas para verificar que el proceso de implementación se cumple acorde a los objetivos del TPM.

▪ **Etapa 7: Mejorar la efectividad de los equipos**

Para la implementación del TPM es importante y prioritario mantener las áreas en orden y limpias, además de renovar la política de trabajo de mantenimiento para mejorar la efectividad de las máquinas. En esta etapa se utiliza el formato para registrar las fallas y analizar la inoperatividad de cada equipo (figura 38).

 FORMATO PARA REPORTE DE FALLAS DE EQUIPOS 									
Fecha	Nombre del equipo	Reporte de falla	Técnico responsable de la intervención	Mantenimiento		Hora		Descripción del trabajo realizado	Repuestos utilizados
				Preventivo	Correctivo	Inicio	Fin		

Figura 39. Formato reporte de fallas de equipos

En esta etapa también se medirá la eficiencia global de los equipos (OEE: Overall Equipment Effectiveness), el cual es un indicador que evalúa el rendimiento de los equipos mientras están en funcionamiento, a través de este indicador se mide el porcentaje del tiempo en que un equipo produce realmente. Para establecer el valor de la eficiencia global de los equipos se consideran los siguientes aspectos que permiten clasificar la efectividad del funcionamiento de los equipos dentro de la planta, se detallan en la tabla 23.

TABLA 23: EFICIENCIA GLOBAL DE EQUIPOS

Efectividad	Descripción
Inaceptable (OEE < 65%)	Se producen pérdidas económicas
Regular (65% < OEE < 75%)	Solo puede considerarse aceptable si se mejorará
Aceptable (75% < OEE < 85%)	Es un valor que puede ser aceptado siempre y cuando se apunte a la mejora continua
Buena (85% < OEE < 95%)	La empresa tiene buena competitividad
Excelencia (OEE > 95%)	Empresa de clase mundial

Fuente: [37]

Para encontrar el OEE se tiene que poseer información referente a las horas que la empresa curtiduría Hidalgo en el proceso de cuero curtido Wet-Blue funciona y las horas que se pierden en diferentes partes del proceso operativo, los mismos se dividirán en distintos tiempos, los mismos se detallan en la figura 40.

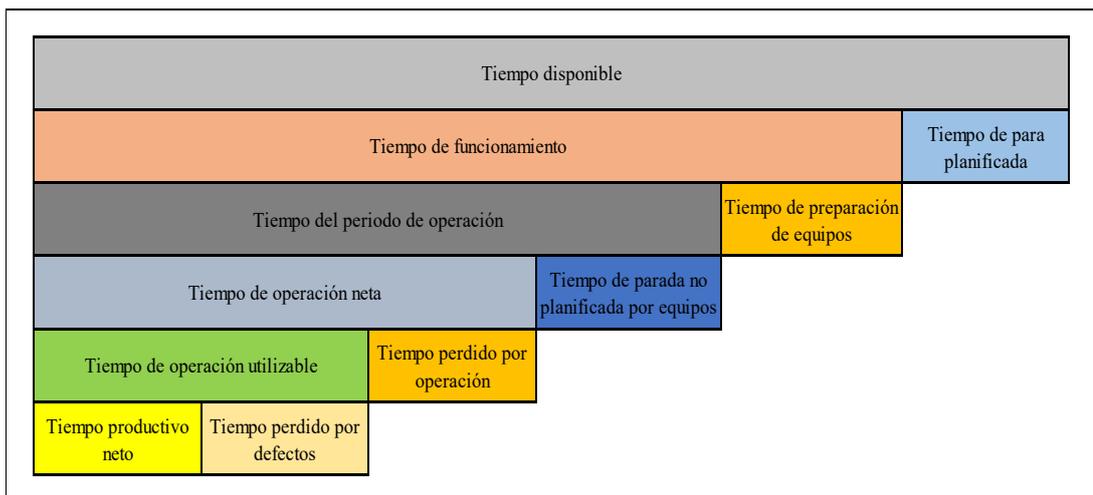


Figura 40. Distribución de los tiempos para aplicación del OEE

Posterior a identificar los tiempos de funcionamiento y tiempos de pérdida, se procede a calcular el OEE, para lo cual se toma como referencia la información de la figura 41, la que detalla como se debe calcular la eficiencia global de los equipos en el proceso de cuero curtido Wet-Blue.

Indicadores		Forma de cálculo	Descripción
Tiempo disponible	TD	Investigación	Es el tiempo disponible que operan la maquinas durante todo el año, semestre o mes.
Tiempo de parada planificada	TPP	Investigación	Es el tiempo que se hace para un mantenimiento planificado, horarios no laborables y feriados
Tiempo de funcionamiento	TF	$TF = TD - TPP$	Es el tiempo resultado de la resta entre el Tiempo Disponible menos el Tiempo de Parada Planificada
Tiempo de preparación de equipo	TPE	Investigación	Es el tiempo destinado para los cambios de producto, arranque de equipo, etc.
Tiempo del período de operación	TPO	$TPO = TF - TPE$	Es el tiempo resultado de la resta entre el Tiempo de Funcionamiento menos el Tiempo de Preparación de Equipo.
Tiempo de parada no planificada por equipos	TPPE	Investigación	Es el tiempo perdido por las fallas de los equipos, desde su avería hasta su reparación.
Tiempo de operación neta	TON	$TON = TPO - TPPE$	Es el tiempo resultado de la resta entre el Tiempo del Periodo de Operación menos el Tiempo de Parada no Planificada por Equipos
Tiempo perdido por operación	TPOP	Investigación	Es el tiempo perdido por marchas en vacío, reducción de velocidad de los equipos, falla en el suministro de materia prima o insumos, etc
Tiempo de operación utilizable	TOU	$TOU = TON - TPOP$	Es el tiempo resultado de la resta entre el Tiempo de Operación Neta menos el Tiempo Perdido por Operación
Tiempo perdido por defectos	TPD	Investigación	Es el tiempo perdido por mermas reproceso, rechazos, etc.
Tiempo productivo neto	TPN	$TPN = TOU - TPD$	Es el tiempo resultado de la resta entre el Tiempo de Operación Utilizable menos el Tiempo Perdido por Defectos.
Disponibile	D	$D = (TON/TF) * 100$	Coficiente de disponibilidad o fracción de tiempo que el equipo está operando.
Efectividad	E	$E = (TOU/TON) * 100$	Efectividad o nivel de funcionamiento de acuerdo con los tiempos de paro
Calidad	C	$C = (TPN/TOU) * 100$	Coficiente de Calidad o fracción de la producción obtenida que cumple con los estándares de calidad
Efectividad global de los Equipos	EG	$EG = E * D * C$	Este indicador mide el % del tiempo en que un equipo produce realmente, expresa la diferencia entre real e ideal que debe eliminarse, puesto que es potencialmente un desperdicio

Figura 41. Fórmulas para indicadores OEE proceso cuero curtido Wet-Blue

La eficiencia global de equipos mensual en el proceso de fabricación de cuero curtido Wet-Blue, se calculó con información proporcionada por la empresa, la misma está en relación con el periodo de estudio para el cálculo del takt time que es el año 2021.

La información proporcionada por la empresa para el cálculo del OEE actual se resume en la tabla 24.

TABLA 24. INFORMACIÓN PARA CÁLCULO OEE

Indicador Investigado	Notación	Valor proporcionado
Tiempo disponible	TD	10500 minutos
Tiempo de parada planificada	TPP	2400 minutos
Tiempo de preparación de equipos	TPE	360 minutos
Tiempo de parada no planificada	TPPE	480 minutos
Tiempo perdido por operaciones	TPOP	240 minutos
Tiempo perdido por defectos	TPD	240 minutos

En la tabla 25 se aprecia que con la información proporcionada la disponibilidad, efectividad y calidad es del 89.63%, 96.69% y 96.58% respectivamente, obteniéndose una eficiencia global de equipos del 83.70%, valor que puede ser aceptado pero que la empresa debe apuntar a la mejora continua con la implementación del TPM.

TABLA 25. EFECTIVIDAD GLOBAL DE EQUIPOS (OEE)

Indicador Calculado	Notación	Forma de Cálculo	Valor Obtenido
Tiempo de funcionamiento	TF	$TF = TD - TPP$	8100
Tiempo del periodo de operación	TPO	$TPO = TF - TPE$	7740
Tiempo de operación neta	TON	$TON = TPO - TPPE$	7260
Tiempo de operación utilizable	TOU	$TOU = TON - TPOP$	7020
Tiempo productivo neto	TPN	$TPN = TOU - TPD$	6780
Disponibilidad	D	$D = (TON/TF) * 100$	89.63%
Efectividad	E	$E = (TOU/TON) * 100$	96.69%
Calidad	C	$C = (TPN/TOU) * 100$	96.58%
Efectividad Global de los Equipos	EG	$EG = E * D * C$	83.70%

▪ **Etapa 8: Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo**

Con la implementación del TPM el personal que opera los equipos en el proceso de cuero curtido deben participar activamente en las actividades diarias de mantenimiento y de esta manera evitar que las máquinas se deterioren en el corto plazo. El mantenimiento autónomo a aplicarse de detallan en las figuras 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51.

		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
Máquina:	Bombo de remojo-pelambre	Cantidad:	2		
Modelo:	S/M	Código:	BB-01 - BB-02		
Fabricante:	S/N	Proceso:	Pelambre (Limpieza)		
Equipo de protección:			Equipos y herramientas:		
Zapatos puntas de acero, protección auditiva, mascarilla, guantes de protección, ropa de trabajo adecuada, gafas de seguridad			Kit de lubricación, kit de limpieza, multímetro, caja de herramientas con kit de llaves		
Actividad diaria					
1. Inspección visual estado del motor, verificación de ajustes, pruebas de arranque 2. Inspección del estado de bandas, templado de bandas 3. Limpieza de máquinas 4. Inspección y apriete de pernos, reemplazo si es necesario 5. Inspección y control visual del estado de conexiones eléctricas 6. Verificación del estado de ruedas y lubricación 7. Verificación del estado de piñones y lubricación					

Figura 42. Mantenimiento autónomo Bombo remojo – pelambre.

		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
Máquina:	Filtro compactador	Cantidad:	2		
Modelo:	S/M	Código:	FL-01 - FL-02		
Fabricante:	Costruzioni meccaniche S.C.	Proceso:	Pelambre (Limpieza)		
Equipo de protección:			Equipos y herramientas:		
Zapatos puntas de acero, protección auditiva, mascarilla, guantes de protección, ropa de trabajo adecuada, gafas de seguridad			Kit de lubricación, kit de limpieza, multímetro, caja de herramientas con kit de llaves		
Actividad diaria					
1. Control visual de fugas en tuberías de ingreso de agua 2. Revisión y limpieza de mecanismos 3. Limpieza de máquinas 4. Revisión y ajuste de pernos 5. Control visual y ajustes de bandas 6. Inspección visual del adecuado funcionamiento de elementos y partes del equipo 7. Inspección visual del estado de conexiones y sistema eléctrico de la máquina					

Figura 43. Mantenimiento autónomo filtro compactador

		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
Máquina:	Descarnadora	Cantidad:	1		
Modelo:	TFF-32	Código:	DC - 01		
Fabricante:	Rizzi	Proceso:	Descarnado		
Equipo de protección:			Equipos y herramientas:		
Zapatos puntas de acero, protección auditiva, mascarilla, guantes de protección, ropa de trabajo adecuada, gafas de seguridad			Kit de lubricación, kit de limpieza, multímetro, caja de herramientas con kit de llaves		
Actividad diaria					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión del estado del motor, verificar ajuste, pruebas de arranqu 2. Inspección estado y templado de bandas 3. Inspección visual estado de cadenas, lubricación 4. Inspección visual del estado de cuchillas 5. Verificación, y alineación de rodillos e inspección de superficies 6. Revisión y limpieza de sistema eléctrico, contactos y pulsadores 7. Revisión y ajuste de pernos de máquina 					

Figura 44. Mantenimiento autónomo descarnadora

		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
Máquina:	Divididora	Cantidad:	1		
Modelo:	2000	Código:	DV - 01		
Fabricante:	Gemata	Proceso:	Dividido de carnaza		
Equipo de protección:			Equipos y herramientas:		
Zapatos puntas de acero, protección auditiva, mascarilla, guantes de protección, ropa de trabajo adecuada, gafas de seguridad			Kit de lubricación, kit de limpieza, multímetro, caja de herramientas con kit de llaves		
Actividad diaria					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión del estado del motor, verificar ajuste, pruebas de arranqu 2. Inspección estado y templado de bandas 3. Inspección visual estado de esmeril y condición de desgaste 4. Inspección visual del estado de cuchillas 5. Verificación, y alineación de rodillos e inspección de superficies 6. Inspección estado de chumaceras, lubricación 7. Inspección estado de rodamientos 8. Revisión y limpieza de sistema eléctrico, contactos y pulsadores 9. Revisión y ajuste de pernos de máquina 					

Figura 45. Mantenimiento autónomo divididora

		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
Máquina:	Bombo de curtido	Cantidad:	1		
Modelo:	S/M	Código:	BB - 03		
Fabricante:	S/N	Proceso:	Curtido		
Equipo de protección:			Equipos y herramientas:		
Zapatos puntas de acero, protección auditiva, mascarilla, guantes de protección, ropa de trabajo adecuada, gafas de seguridad			Kit de lubricación, kit de limpieza, multímetro, caja de herramientas con kit de llaves		
Actividad diaria					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión del estado del motor, verificar ajuste, pruebas de arranque 2. Inspección estado y templado de bandas 3. Inspección visual estado de la tapa de oreja 4. Inspección visual de ejes y lubricación 5. Verificación de zunchos y reemplazo de ser necesario para ajustar el bombo 6. Inspección estado de piñones y lubricación 7. Inspección estado de rodamientos 8. Revisión y limpieza de sistema eléctrico, contactos y pulsadores 9. Verificación del estado de rueda, lubricación 10. Revisión y ajuste de pernos de máquina 					

Figura 46. Mantenimiento autónomo bombo de curtido

		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
Máquina:	Escurridora	Cantidad:	1		
Modelo:	PCR/18	Código:	ES - 01		
Fabricante:	Escomar	Proceso:	Eскурrido		
Equipo de protección:			Equipos y herramientas:		
Zapatos puntas de acero, protección auditiva, mascarilla, guantes de protección, ropa de trabajo adecuada, gafas de seguridad			Kit de lubricación, kit de limpieza, multímetro, caja de herramientas con kit de llaves		
Actividad diaria					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión del estado del motor, verificar ajuste, pruebas de arranque 2. Inspección estado y templado de bandas 3. Inspección de estado de retenedores 4. Verificación, y alineación de rodillos e inspección de superficies 5. Inspección estado de rodamientos 6. Revisión y limpieza de sistema eléctrico, contactos y pulsadores 7. Revisión y ajustes de pernos de máquina 					

Figura 47. Mantenimiento autónomo escurridora

		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
Máquina:	Rebajadora	Cantidad:	1		
Modelo:	1800	Código:	RP - 01		
Fabricante:	Aletti	Proceso:	Rebajado		
Equipo de protección:			Equipos y herramientas:		
Zapatos puntas de acero, protección auditiva, mascarilla, guantes de protección, ropa de trabajo adecuada, gafas de seguridad			Kit de lubricación, kit de limpieza, multímetro, caja de herramientas con kit de llaves		
Actividad diaria					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión del estado del motor, verificar ajuste, pruebas de arranqu 2. Inspección estado y templado de bandas 3. Inspección visual estado de cadenas y lubricación 4. Inspección visual estado de esmeril y condición de desgaste 5. Inspección visual del estado de cuchillas 6. Verificación, y alineación de rodillos de arrastre e inspección de superficies 7. Inspección estado de rodamientos 8. Inspección estado de retenedores 9. Revisión y pruebas de encendido y funcionamiento de bomba hidráulica 10. Revisión y ajuste de pernos de máquina 					

Figura 48. Mantenimiento autónomo rebajadora

		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
Máquina:	Bomba de alimentación	Cantidad:	1		
Modelo:	6x8-13	Código:	PP - 01		
Fabricante:	Goulds	Proceso:	Transporte		
Equipo de protección:			Equipos y herrrnientas:		
Zapatos puntas de acero, protección auditiva, mascarilla, guantes de protección, ropa de trabajo adecuada, gafas de seguridad			Kit de lubricación, kit de limpieza, multímetro, caja de herramientas con kit de llaves		
Actividad diaria					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión del estado del motor, verificar ajuste, pruebas de arranqu 2. Inspección estado y alineación de matrimonio 3. Inspección visual estado de turbinas 4. Inspección visual estado de bridas de sujeción 5. Revisión y limpieza de sistema eléctrico, contactos y pulsadores 10. Revisión y ajuste de pernos de máquina 					

Figura 49. Mantenimiento autónomo bomba de alimentación

		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
Máquina:	Bomba dosificadora	Cantidad:	2		
Modelo:	60-AP44-P77_M : 60-AP54-P61_M	Código:	PP-02 - PP-03		
Fabricante:	ITE	Proceso:	Rebajado		
Equipo de protección:			Equipos y herramientas:		
Zapatos puntas de acero, protección auditiva, mascarilla, guantes de protección, ropa de trabajo adecuada, gafas de seguridad			Kit de lubricación, kit de limpieza, multímetro, caja de herramientas con kit de llaves		
Actividad diaria					
1. Revisión del estado del motor, verificar ajuste, pruebas de arranque 2. Inspección estado y alineación de matrimonio 3. Inspección visual estado de turbinas 4. Inspección visual estado de bridas de sujeción 5. Revisión y limpieza de sistema eléctrico, contactos y pulsadores 10. Revisión y ajuste de pernos de máquina					

Figura 50. Mantenimiento autónomo bomba dosificadora

El desarrollo del mantenimiento autónomo se basará en la siguiente estructura:

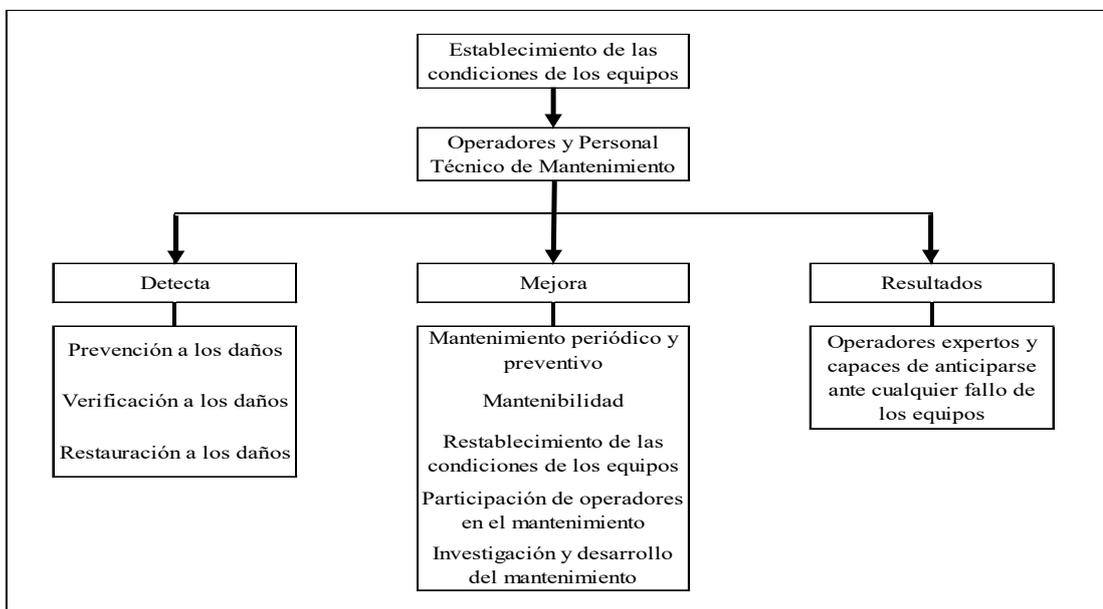


Figura 51. Estructura y secuencia para el mantenimiento autónomo

▪ **Etapa 9: Desarrollar un programa de mantenimiento planificado**

En coordinación con el departamento de mantenimiento se establecerá el

mantenimiento planificado que permitirá mejorar la confiabilidad de los equipos y máquinas del proceso de cuero curtido. Además, este mantenimiento planificado permitirá el ahorro de tiempo, consiguiendo que sea más eficaz, rápido y efectivo.

En la elaboración del plan de mantenimiento es importante contar con la información base del estado actual de los equipos, que servirá para plantear el plan de mantenimiento preventivo y correctivo. En estos planes se debe incluir también la planificación de las herramientas a utilizar, las mismas que deben estar en perfectas condiciones para que ofrezcan seguridad y rapidez en los trabajos a realizar; y se debe planificar el stock de repuestos necesarios para solucionar las fallas en los equipos que ocurren de manera inesperada. El programa de mantenimiento contará con un óptimo control de todos sus elementos, con el objetivo reducir los costos de mantenimiento. En la figura 52 se muestra el formato a utilizar para la aplicación del plan de mantenimiento en curtiduría Hidalgo.

 FORMATO PLAN DE MANTENIMIENTO CURTIDURÍA HIDALGO 				
Equipo / Máquina				
Actividad	Realizado por:	Período	Frecuencia	Observaciones
Revisión mecánica general	Mecánico			
	Eléctrico			
	Parte verificada:	Código	Frecuencia	Observaciones
Inspección del sistema de lubricación	Aplicado a:	Período	Frecuencia	Observaciones
Limpieza general del equipo	Realizado por:	Período	Frecuencia	Observaciones
	Operador			
	Técnico encargado			
Responsable:				

Figura 52. Formato plan de mantenimiento

- **Etapa 10: Formación para elevar capacidades de mantenimiento**

Es esta etapa se debe capacitar a los colaboradores involucrados en este proceso de implementación del TPM, el objetivo de esta etapa es mejorar las actitudes y aptitudes de los mismos y con ello puedan realizar un mantenimiento de calidad.

- **Etapa 11: Establecer seguridad e higiene en el trabajo**

En esta etapa se capacita e instruye al personal que están relacionados con este proceso, con el fin de que conozcan las áreas seguras y evitar accidentes.

- **Etapa 12: Consolidar el TPM y evaluar las metas**

En esta última etapa de implementación del TPM la finalidad es mantener las metas planteadas y mejorarlas, se debe dar a conocer los resultados positivos al departamento de mantenimiento y personal de la empresa en general, esto con el fin que las consecuencias del trabajo realizado sean valoradas, y que el mejoramiento continuo se mantenga en curtiduría Hidalgo.

4.6 Verificación de la hipótesis

Para la verificación y validación de la hipótesis se usa los resultados obtenidos con anterioridad.

H1: La aplicación de herramientas de manufactura esbelta optimiza los procesos de producción de cuero curtido Wet-blue.

Para la validación de esta hipótesis se tomará en cuenta el tiempo total del ciclo en la fabricación de cuero curtido Wet-Blue, en el proceso actual el tiempo del proceso es 0.45085 horas, ya aplicada la propuesta de estandarización y mejoras este tiempo se puede reducir a 0.36354 horas, siendo así que el porcentaje de incremento de la producción sería del 24.07%. Por lo cual se acepta la hipótesis 1 y se rechaza la hipótesis nula HO1.

CAPITULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y BIBLIOGRAFÍA

5.1 Conclusiones

Con la identificación de los desperdicios generados en el proceso productivo del cuero curtido Wet-Blue en la curtiduría Hidalgo se pudo evidenciar que el proceso pasa en operaciones un 79.68 % del tiempo total, donde el 20.32 % representa las actividades que no agregan valor (desperdicios); además, el 63.63% de los eventos que se realizan son actividades que generan valor, el restante 36.37% son eventos (actividades) que no agregan valor al proceso.

El cálculo del tiempo estándar permitió obtener como resultado un takt time de 1317 segundos por cada unidad, y por otra parte el tiempo de ciclo actual indica que el proceso tarda 1474 segundos por unidad, con una brecha negativa del 6%, esto significa que el tiempo o el ritmo al que el mercado hace la demanda de unidades de Wet-Blue es mayor al tiempo que hace falta para producir este producto.

Con el diagrama de recorrido (LAY OUT) se describió el contexto de las instalaciones al visualizar nodos críticos, en este sentido para conseguir la máxima flexibilidad, se propone una distribución de planta de combinación de áreas en U, con esta propuesta se pretende tener un proceso continuo dónde los elementos que intervienen contribuyan a la optimización del proceso.

Las herramientas de manufactura esbelta apropiadas para la optimización del proceso de cuero curtido Wet-Blue son estandarización y TPM, las mismas que permitirán a la empresa reducir los desperdicios generados; y, además fortalecer todas las acciones posibles con los objetivos críticos para el buen funcionamiento de curtiduría Hidalgo.

Con la estandarización a través de la reducción de actividades que no agregan valor al proceso de fabricación de cuero curtido Wet-Blue en la curtiduría Hidalgo, se disminuye el tiempo total del ciclo de 0,45085 horas a 0,36354 horas, esto representaría un incremento de la producción del 24,07%. Además, con el tiempo de ciclo propuesto el proceso tarda 1206 segundos por unidad, con una brecha del 4% respecto del takt time que es de 1317 por unidad, esto significa que el tiempo o el ritmo

al que el mercado hace la demanda de unidades de Wet-Blue es menor al tiempo que hace falta para producir este producto, por lo que se podría cumplir con la demanda.

Se diseñó la propuesta de implementación del mantenimiento productivo total TPM para los equipos del proceso de cuero curtido. La propuesta está constituida de 4 fases; la primera fase es la preparación que consta de 5 etapas, decisión de aplicar el TPM, capacitación e información, estructura promocional, objetivos y políticas y plan maestro de desarrollo. La segunda fase es la introducción que consta de una etapa que es el arranque formal del TPM. La tercera fase es la implantación que consta también de 5 etapas que son mejorar la efectividad de los equipos, desarrollo del programa de mantenimiento autónomo, desarrollo del programa de mantenimiento planificado, formación para mejorar capacidades en el mantenimiento y el establecimiento de seguridad e higiene en el trabajo. La cuarta fase es la consolidación que consta de una etapa que es la consolidación mismo del TPM y evaluación de las metas.

5.2 Recomendaciones

Curtiduría Hidalgo debe continuar con la aplicación de otras técnicas y herramientas de lean manufactura y así pueda conseguir en el corto y mediano plazo en lo posible la disminución y/o eliminación de los desperdicios que se generan en el proceso productivo de cuero curtido, a su vez fortalecer los procesos de cambio que existen al interior de la empresa para el mejoramiento continuo.

La utilización de la herramienta de manufactura esbelta estandarización es aplicable en la fabricación de cuero curtido y su contribución a la disminución de tiempos innecesarios en el proceso es indiscutible. Para la curtiduría Hidalgo que busca la reducción de sus costos operacionales, es un método ideal a seguir implementado debido a su alcance y objetivo demostrado.

El TPM propuesto en la empresa debe implantarse de manera planificada según el plan maestro de desarrollo del TPM, para que de esta manera no afecte en las actividades del proceso de cuero curtido, se debe asignar el tiempo apropiado y razonable para las reuniones de seguimiento del TPM.

5.3 Bibliografía

- [1] M. Jawahar, N. Babu, M. Ismail y K. Vani, «Compresión de imágenes de cuero para el sistema automático de gradación de cuero usando Multiwavelet,» *IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCCIC)*, pp. 1-7, 2016.
- [2] D. Ortiz, «Modelo de implementación del sistema de manufactura esbelta para la optimización de los procesos de producción textil,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2018.
- [3] A. Gavriluta, «Study on improvement of a manufacturing system using Lean Manufacturing,» *Web of Science*, vol. 20, pp. 365-370, 2019.
- [4] A. R. Rahani y M. Al-Ashraf, «Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study,» *Procedia Engineering*, vol. 41, 2012.
- [5] T. H. Netland, J. D. Schloetzer y K. Ferdows, «Learning lean: rhythm of production and the pace of lean implementation,» *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 41, nº 2, 2021.
- [6] F. González, «Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales herramientas,» *Panorama Administrativo*, vol. 1, nº 2, pp. 85-112, 2007.
- [7] H. Jácome, «Boletín mensual de análisis sectorial de MIPYMES. Zapatos de cuero de vestir para exportación,» Centro de Investigaciones Económicas y de la Micro. Pequeña y Mediana Empresa, Quito, 2011.
- [8] S. Nallusamy, «Execution of lean and industrial techniques for productivity enhancement in a manufacturing industry,» *Materials Today: Proceedings*, vol. 37, 2021.
- [9] Y. Feng y K. Murata, «Exploring Characteristic of Visual Management as Lean Toolbox in Construction Worksite of Apartment House,» *Proceedings of the International Conference on Engineering and Information Technology for Sustainable Industry*, nº 12, pp. 1-6, 2020.
- [10] G. V. Punna Rao, S. Nallusamy, P. Chakraborty y S. Muralikrishna, «Study on Productivity Improvement in Medium Scale Manufacturing Industry by Execution of Lean Too,» *International Journal of Engineering*, vol. 48, pp. 193-

207, 2020.

- [11] J. Fernandes, R. Godina y J. Matias, «Evaluating the Impact of 5S Implementation on Occupational Safety in an Automotive Industrial Unit,» vol. 281, 2019.
- [12] T. Veena y G. Prabhushankar, «A literature review on lean, Six Sigma and ISO 9001:2015 in manufacturing industry to improve process performance,» *International Journal of Business and Systems Research*, vol. 13, nº 2, pp. 162-180, 2019.
- [13] C. Gangala, M. Modi, V. Manupati, M. Varela, J. Machado y J. Trojanowska, «Cycle Time Reduction in Deck Roller Assembly Production Unit with Value Stream Mapping Analysis,» *World Conference on Information Systems and Technologies*, vol. 571, pp. 509-518, 2017.
- [14] Y. T. Prasetyo y J. R. Balinado, «The Impact of 5S Lean Tool to Service Operation: A Case Study in Toyota Dasmarinas-Cavite Service Operations,» *2020 The 6th International Conference on Industrial and Business Engineerin*, 2020.
- [15] S. Sahoo, «Assessing lean implementation and benefits within Indian automotive component manufacturing SMEs,» *Benchmarking: An International Journal*, vol. 27, nº 3, pp. 1042-1084, 2020.
- [16] A. N. Syed Asad, F. Muhammad, A. Muhammad, Z. Muhammad y S. Muahammad, «Productivity improvement of a manufacturing,» *Cogent Engineering*, vol. 3, nº 1, 2016.
- [17] F. Díaz del Castillo, «Lecturas de ingeniería 6: La manufactura esbelta.,» Facultad de estudios superiores de Cuautitlán, México, 2009.
- [18] F. Espín, «Técnica SMED. Reducción del tiempo de preparación,» *3ciencias*, pp. 1-10, 2013.
- [19] M. Gil, P. Sanz, J. Martín y J. Galindo, «Definición de una metodología para una aplicacion práctica del SMED,» *Técnica Industrial*, nº 298, pp. 46-54, 2012.
- [20] T. Suzuki, TPM en industrias de proceso, Madrid: Taylor & Francis, 1995.
- [21] A. Jain, H. Singh y R. Bhatti, «Mejora de OEE en PYMES a través del mantenimiento móvil: un concepto TPM,» *Revista internacional de gestión de calidad y confiabilidad*, vol. 32, nº 5, pp. 503-516, 2015.

- [22] J. Acevedo, A. Urquiaga y M. Gómez, *Gestión de la cadena de suministro*, La Habana: Laboratorio de logística y gestión de la producción, 2001.
- [23] P. González, J. Molina, J. León y R. Ruiz, «Evaluación del impacto del reprocesado en los sistemas Kanban y Conwip,» *Dirección y Organización. Revista de Ingeniería de Organización*, n° 42, pp. 46-53, 2010.
- [24] M. Arango, L. Campuzano y J. Zapata, «Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban,» *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 14, n° 27, pp. 221-234, 2015.
- [25] M. Álvarez, *Cuadro de Mando Retail: Los indicadores clave (KPI) de los comercios altamente efectivos*, Barcelona: PROFIT, 2013.
- [26] M. Morales, *Analítica Web para empresas. Arte, ingenio y anticipación*, Barcelona: UOC, 2013.
- [27] M. Suárez, *El Kaizen: La filosofía de mejora continua e innovación incremental detrás de la administración por calidad total.*, México: Panorama Editorial, 2007.
- [28] Y. Atehortua y J. Restrepo, «Kaizen: Un caso de estudio,» *Scientia et Technica*, vol. XVI, n° 45, pp. 59-64, 2010.
- [29] B. Salazar, *Kaizen: Mejora continua*, Ingeniería Industrial. Online.com, 2019.
- [30] K. Jilcha y D. Kitaw, «Lean Philosophy for Global Competitiveness in Ethiopia Chemical,» *Computer Science & Systems Biology*, vol. 8, n° 6, pp. 304-321, 2015.
- [31] D. Altamirano, «Manufactura esbelta para disminuir desperdicios en montaje de calzado cementado,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2018.
- [32] R. Gonzalez y B. Jimeno, «POKA YOKE – Diseño a prueba de errores: ¿Qué es Poka-Yoke?,» PDCA Home: El portal de la gestión, calidad y mejora continua, mayo 2012. [En línea]. Available: <https://www.pdcahome.com/poka-yoke/>.
- [33] J. Torres, J. Vázquez, F. Castillo, E. Contreras, R. Urzúa y G. Beltrán, «Sistema Poka-Yke,» *Revista Programación Matemática y Software*, vol. 3, n° 1, 2011.
- [34] H. Quesada, U. Buehlmann y E. Arias, *Pensamiento Lean*, Virgini Tech Invent the Future, 2013.
- [35] A. Fernández Cortinas, «Diagnóstico de comunicación interna para la matriz del grupo de electrónica y diseño de una estrategia de comunicación interna,»

Universidad de la Habana, La Habana, 2011.

- [36] F. E. Apaico Capatinta, «Aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la productividad en el área de amasadora en la empresa industrias Teal S.A., Lima 2017,» Universidad César Vallejo, Lima, 2017.
- [37] J. C. Hernández Matías y A. Vizán Idoipe, Lean manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación, Madrid: Fundación EOI, 2013.

Anexo 3. Formato para estudio de tiempos del proceso

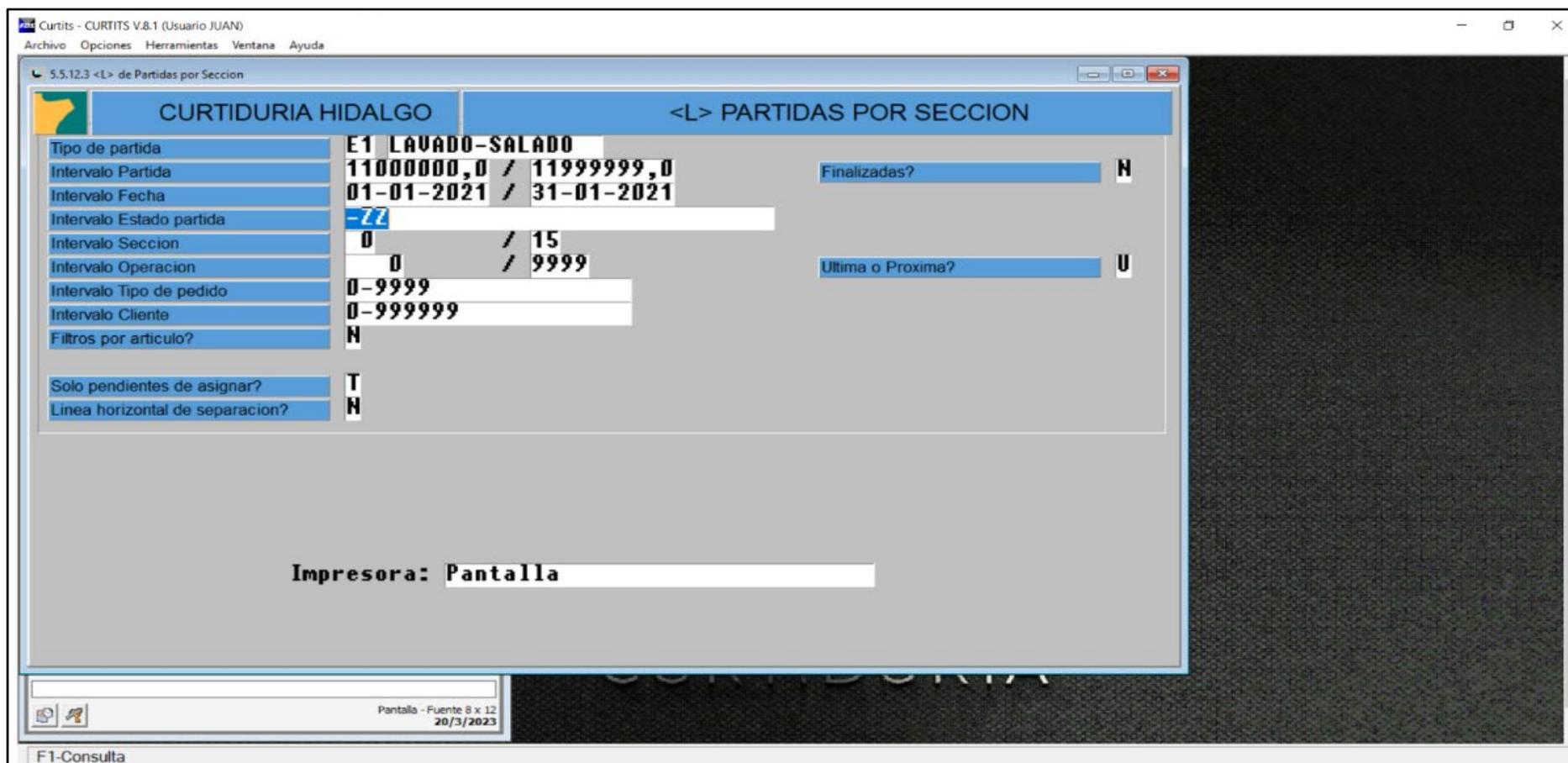


FORMATO ESTUDIO DE TIEMPOS



No.	Evento / Actividad	Ciclos - Tiempos (min)				Ciclos - Tiempos (hora)				TIEMPO OBSERVADO		Desviación Estándar	Límite Superior	Límite Inferior	Promedio Válido	Valoración					Tiempo básico (horas)	Coeficiente de descuento	Frecuencia / Unidad (gramos)	Tiempo estándar / Unidad	Tiempo de ciclo (horas)		
		1	2	3	4	1	2	3	4	Tiempo Total Observado	Tiempo Medio del Ciclo					Habilidad	Esfuerzo	Consistencia	Condiciones	Total Valoración							
1																											
2																											
3																											
4																											
5																											
6																											
7																											
8																											
9																											
10																											

Anexo 4. Software de la empresa para la obtención de datos



Anexo 5. Datos obtenidos del software de los pesos en cada proceso

PARTIDAS POR SECCION																														
CURTIDURIA HIDALGO																														
20-03-23 09:38 Pag. 1/1																														
FILTROS APLICADOS Tipo de partidas: TR Partida.: 15000000.0 / 15999999.0 F.Creacion: 01-01-2021 / 31-12-2021 Estado: -ZZ Proveedor: / 999999 Seccion.: / 15 Ultima operacion: / 9999 Cliente.: 0-999999 Tipo pedido: 0-9999														PARTIDAS FINALIZADAS Partidas asignadas? T Articulo.: / ZZZZ Grueso.: / 9999 Acabado.: / ZZZZ Color.: / 99999 Clase.: / ZZ																
SECCION: 1 HUMEDO - WETBLUE																														
TP	PROCESO	FIN	EST	Nº DE DATOS	DIAS	LOTE	PROVEEDOR	ARTICULO	GRUE	AC	COLOR	DESCRIPCION	CL	F. INI SECCION	CANTID	CANT PROM / AÑO	UNIDADES U EN CURSO	CANTIDAD EN CURSO	ULTIMA OPERACION	FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	CLIENTE	PEDIDO	LIN	ENTREGA	UNID	CANTIDAD PEDIDA	S	
TR	LIMPIEZA	S		115	NA			TRIPA	2325	NA	99999		NA	15-1-21	302	1.148,00	K				31-12-21	12,36	12,36							
TR	SEP. CARNIS	S		115	NA			TRIPA	8888	NA	99999		NA	15-1-21	516	1.111,68	K				31-12-21	12,36	12,36							
TR	CURTIDO	S		115	NA			TRIPA	2729	NA	99999		NA	15-1-21	570	781,18	K				31-12-21	12,36	12,36							
TR	ESCURRD	S		115	NA			TRIPA	8888	NA	99999		BM	15-1-21	358	781,18	K				31-12-21	12,36	12,36							
TR	REBAJAD	S		115	NA			TRIPA	2729	NA	99999		NA	15-1-21	324	780,42	K				31-12-21	12,36	12,36							
TR	CLASF./ALM	S		115	NA			WET BLUE	8888	NA	99999		BM	15-1-21	472	779,00	K				31-12-21	12,36	12,36							

Anexo 6. Observación del subproceso de descarne



Anexo 7. Observación del subproceso de escurrido



Anexo 8. Observación del producto curtido



Anexo 9. Observación del cuero Wet-Blue



Anexo 10. Observación de los bombos de limpieza

