



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO
DE HIDALGO**

INSTITUTO DE CIENCIAS BASICAS E INGENIERIA

**MAPEO DE PROCESOS COMO UNA SOLUCIÓN
PARA LA OPTIMIZACIÓN Y MEJORA DEL FLUJO
DE OPERACIONES EN UNA EMPRESA
AUTOMOTRIZ INTERNACIONAL**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA

JONATHAN GARCIA YAÑEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. SERGIO BLAS RAMIREZ REYNA

PACHUCA DE SOTO, HIDALGO 2026



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Dirección

Office of the Director

Mineral de la Reforma, Hgo., a 2 de junio de 2026

Número de control: ICBI-D/1028/2026

Asunto: Autorización de impresión.

MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH

Con Título Quinto, Capítulo II, Capítulo V, Artículo 51 Fracción IX del Estatuto General de nuestra Institución, por este medio, le comunico que el Jurado asignado al egresado de la Licenciatura en Ingeniería Industrial **Jonathan García Yañez**, quien presenta el trabajo de titulación **"Mapeo de procesos como una solución para la optimización y mejora del flujo de operaciones en una empresa automotriz internacional"**, ha decidido, después de revisar fundamento en lo dispuesto en el Título Tercero, Capítulo I, Artículo 18 Fracción IV; dicho trabajo en la reunión de sinodales, **autorizar la impresión del mismo**, una vez realizadas las correcciones acordadas.

A continuación, firman de conformidad los integrantes del Jurado:

Presidente: Dr. César Alfonso Arroyo Barranco

Secretario: Mtra. Lidia Ramírez Quintanilla

Vocal: Dr. Sergio Blas Ramírez Reyna

Suplente: Dr. Iván Alonso Lira Hernández

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"

Dr. Gabriel Vergara Rodríguez
Director del ICBI

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo
Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo,
México, C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40001
direccion_icbi@uaeh.edu.mx, vergara@uaeh.edu.mx

GVR/MMM

"Amor, Orden y Progreso"



uaeh.edu.mx

ÍNDICE

CAPITULO 1 PLANTEAMIENTO Y FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACION.....	12
1.1 Introducción.....	12
1.2 Palabras clave	13
1.3 Planteamiento del problema	15
1.4 Hipótesis	16
1.5 Objetivo general	17
1.6 Objetivos específicos.....	17
1.7 Justificación.....	18
CAPITULO 2. MARCO TEORICO	21
2.1 Gestión por procesos: conceptos, clasificación y relación con mejora	21
2.1.1 Concepto de proceso como unidad de análisis organizacional.....	21
2.1.2 Tipos de procesos: estratégicos, operativos y de soporte	21
2.1.3 Importancia de mapear y documentar procesos para control y mejora	22
2.2 Mapeo de procesos: fundamentos, utilidad y metodología general.....	23
2.2.1 Definición de mapeo/diagramación de procesos y su propósito	23
2.2.2 Elementos de un mapa de procesos (entradas, salidas, pasos y relaciones)	24
2.2.3 Metodologías para implementar mapeo de procesos (selección, construcción y análisis).....	25
2.2.4 Beneficios del mapeo de procesos (comunicación, estandarización, control y mejora).....	26
2.3 Relación entre el mapeo de procesos y la cadena/flujo de valor (puente hacia VSM)	27
2.3.1 Mapeo de procesos: alcance, enfoque y limitaciones típicas en su uso	27
2.3.2 Cadena/flujo de valor: necesidad del enfoque “end to end” para diagnosticar el desempeño real.....	28

2.3.3	VSM como evolución operativa del mapeo: del “mapa de actividades” al “mapa del flujo (material + información)”	28
2.3.4	Cierre del puente teórico hacia VSM	29
2.4	Value Stream Mapping (VSM): definición, propósito y alcance	29
2.4.1	Definición de Value Stream Mapping (VSM).....	29
2.4.2	Propósito del VSM: identificar valor, desperdicio y priorizar la mejora	30
2.4.3	Alcance del VSM: flujo integral de materiales e información (visión “puerta a puerta”).....	31
2.4.4	VSM como herramienta de diagnóstico en Lean (sustento aplicado)	32
2.5	Metodología del VSM: pasos para construir el estado actual	33
2.5.1	Preparación del trabajo VSM: conformación del equipo y definición del alcance	33
2.5.2	Selección de la familia de productos como criterio de delimitación del estado actual	33
2.5.3	Levantamiento del estado actual: observación directa y definición de pasos del proceso	34
2.5.4	Datos por levantar en el estado actual: variables operativas del proceso	35
2.5.5	Construcción del mapa del estado actual: proveedor, cliente, procesos y flujo de material	35
2.5.6	Incorporación del flujo de información en el estado actual.....	36
2.5.7	Línea de tiempo del estado actual: base para el análisis temporal del flujo	37
2.5.8	Lectura del estado actual: identificación de desperdicios y base para el rediseño	37
2.6	Elementos del VSM y simbología (lenguaje estándar del mapa)	38
2.6.1	Importancia de la simbología en el VSM como lenguaje de análisis	38
2.6.2	Símbolos de fuentes externas: cliente y proveedor	41
2.6.3	Símbolos de proceso: caja de proceso y su función en la lectura del mapa	41

2.6.4	Casilla de datos del proceso: soporte de información para el diagnóstico	42
2.6.5	Símbolos de flujo de materiales: movimiento, secuencia y continuidad del producto.....	42
2.6.6	Símbolos de inventario y almacenamiento: acumulación y evidencia de espera	43
2.6.7	Símbolos de flujo de información: programación, control y comunicación del sistema	43
2.6.8	Símbolos de envíos, transporte y conexión con cliente/proveedor	44
2.6.9	Lectura integrada de la simbología: del dibujo al diagnóstico del flujo	44
2.7	Indicadores y métricas del VSM para el diagnóstico del desempeño del flujo	45
2.7.1	Función de los indicadores dentro del VSM	45
2.7.2	Takt time: referencia del ritmo de producción en función de la demanda	45
2.7.3	Tiempo de proceso, tiempo de ciclo y contenido de trabajo	46
2.7.4	Tiempos de cambio, tiempos muertos y utilización de equipos	47
2.7.5	Tamaño de lotes e inventarios: indicadores de acumulación y desacoplamiento del flujo	47
2.7.6	Eficiencia y scrap/defectos como métricas de desempeño y pérdida	48
2.7.7	Lead time / periodo de maduración y tiempo total del flujo	48
2.7.8	Relación entre indicadores y desperdicios (muda): criterio para interpretar el desempeño.....	49
2.7.9	Integración de métricas para el diagnóstico del estado actual.....	50
2.8	Estado futuro en VSM: criterios de diseño y herramientas asociadas.....	50
2.8.1	Sentido del estado futuro dentro de la metodología VSM.....	50
2.8.2	Criterios de diseño del estado futuro: eliminación de desperdicio y flujo orientado a valor.....	51
2.8.3	Producción respecto al takt time como criterio rector del estado futuro	51

2.8.4	Directrices y preguntas para configurar el mapa de estado futuro	52
2.8.5	Orientación al flujo y coordinación entre procesos en el estado futuro	52
2.8.6	Implementación del estado futuro: lazos/circuitos y priorización de acciones	53
2.8.7	Plan de acciones de mejora y eventos Kaizen como soporte de implementación	54
2.8.8	Alcance del estado futuro en el marco de una investigación aplicada	54
2.9	Evidencia aplicada: VSM como diagnóstico y mejora (casos y resultados)	55
2.9.1	VSM como herramienta de diagnóstico en sistemas productivos	55
2.9.2	Resultados típicos detectados mediante VSM: sobreproducción, inventarios, transportes y esperas.....	55
2.9.3	Enfoque “estado actual – estado futuro” como base de mejora estructurada...	56
2.9.4	Factores humanos y organizacionales: comunicación, cultura y adopción de Lean	56
2.9.5	VSM en la literatura: aporte general y necesidad de aplicar por sector	57
2.9.6	Síntesis de la evidencia aplicada para sustentar su uso en la investigación	57
2.10	Síntesis del marco teórico y conexión con la investigación	57
2.10.1	Síntesis de conceptos: de la gestión por procesos al análisis del flujo de valor	57
2.10.2	Justificación del VSM como herramienta principal para resolver el problema	58
2.10.3	Conexión del marco teórico con la metodología del estudio (cómo se aplicará el VSM)	59
2.10.4	Conclusión del capítulo: aportación del marco teórico al planteamiento del problema	60
CAPITULO 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y ELABORACIÓN DEL MAPA DE FLUJO DE VALOR ACTUAL.....		61
3.1	Introducción del capítulo	61

3.1.1	Propósito del capítulo	61
3.1.2	Alcance del análisis	62
3.1.3	Metodología empleada para el levantamiento de información.....	62
3.2	Caracterización técnica del producto.....	63
3.2.1	Función del ensamble dentro del sistema automotriz.....	63
3.2.2	Descripción técnica de los componentes del ensamble	64
3.2.3	Requerimientos funcionales y características críticas del producto	67
3.2.4	Relación entre diseño del producto y complejidad del proceso	69
3.2.5	Síntesis técnica del producto analizado	70
3.3	Descripción general del sistema de producción actual	70
3.3.1	Configuración general de la línea	70
3.3.2	Recursos productivos involucrados	72
3.3.3	Variables operativas y de planeación de la línea	74
3.3.4	Clasificación operativa del proceso	76
3.3.5	Relación entre secuencia operativa y comportamiento del flujo	76
3.4	Levantamiento de información del proceso actual	77
3.4.1	Información proporcionada por la empresa.....	77
3.4.2	Información obtenida durante la visita técnica	78
3.4.3	Criterios de validación y consolidación de datos	80
3.4.4	Estructuración de los datos para la construcción del VSM	81
3.4.5	Importancia del levantamiento dentro del diagnóstico del estado actual	81
3.5	Descripción técnica del proceso actual.....	82
3.5.1	Consideraciones generales del proceso	82
3.5.2	Recepción e inspección de materiales	84
3.5.3	Corte de manguera.....	85

3.5.4	Formado de manguera	85
3.5.5	Colocación de Techflex	86
3.5.6	Colocación de abrazaderas de banda elástica	87
3.5.7	Ensamble de válvula de purga	87
3.5.8	Ensamble de conector rápido.....	88
3.5.9	Colocación de abrazaderas de montaje.....	88
3.5.10	Colocación de buje de goma.....	89
3.5.11	Colocación de etiqueta.....	90
3.5.12	Inspección final.....	90
3.5.13	Prueba de fuga o hermeticidad	91
3.5.14	Empaque	91
3.5.15	Análisis técnico de la secuencia operativa actual	92
3.6	Determinación de parámetros para el VSM actual	92
3.6.1	Objetivo de la determinación de parámetros	92
3.6.2	Tiempo disponible de producción	93
3.6.3	Demanda diaria y tiempo takt.....	94
3.6.4	Tiempo de ciclo por operación	95
3.6.5	Tiempo total de proceso	96
3.6.6	Tiempo de valor agregado	97
3.6.7	Capacidad por operación	98
3.6.8	Determinación del cuello de botella	100
3.6.9	Inventario en proceso y días de inventario	101
3.6.10	Lead time del estado actual	102
3.6.11	Eficiencia del flujo actual	103
3.6.12	Síntesis de parámetros del VSM actual	104

3.7	Construcción del mapa de flujo de valor del estado actual	105
3.7.1	Estructura general del VSM actual.....	105
3.8	Diagnóstico del estado actual y planteamiento del problema.....	109
3.8.1	Identificación de la restricción del sistema.....	109
3.8.2	Efecto de la restricción sobre el cumplimiento de la demanda	110
3.8.3	Identificación de desperdicios en el flujo actual	111
3.8.4	Oportunidad de mejora detectada	113
3.8.5	Planteamiento del problema	113
CAPITULO 4. PROPUESTA DE MEJORA Y DISEÑO DEL MAPA DE VALOR DEL ESTADO FUTURO		115
4.1	Introducción del capítulo	115
4.1.1	Propósito del capítulo	115
4.1.2	Alcance de la propuesta de mejora	115
4.1.3	Relación entre el diagnóstico actual y la propuesta.....	116
4.2	Fundamentación de la propuesta de mejora	117
4.2.1	Necesidad de intervención en el proceso actual	117
4.2.2	Criterios técnicos para la selección de la mejora.....	118
4.2.3	Justificación de una estación semiautomatizada de ensamble.....	118
4.3	Definición de la propuesta de mejora	119
4.3.1	Integración de las operaciones de ensamble terminal	119
4.3.2	Descripción general del nuevo método de ensamble.....	120
4.3.3	Secuencia operativa propuesta.....	120
4.3.4	Comparación entre método actual y método propuesto	121
4.4	Diseño mecánico de la estación de ensamble	122
4.4.1	Requerimientos funcionales del dispositivo	122

4.4.2	Diseño del nido de manguera	124
4.4.3	Diseño del nido para válvula de purga	126
4.4.4	Diseño del nido para conector rápido	127
4.4.5	Sistema de sujeción de la manguera	128
4.4.6	Base estructural y elementos de soporte	130
4.5	Dimensionamiento y selección de elementos neumáticos	132
4.5.1	Determinación de la fuerza requerida de ensamble	132
4.5.2	Cálculo del área y diámetro del pistón	132
4.5.3	Selección de cilindros neumáticos	134
4.5.4	Selección de válvula, unidad de mantenimiento y accesorios	136
4.5.5	Configuración del sistema neumático	137
4.6	Determinación del tiempo de ciclo futuro	138
4.6.1	Desglose del método propuesto	138
4.6.2	Cálculo del tiempo manual y tiempo automático	139
4.6.3	Determinación del tiempo de ciclo futuro	140
4.6.4	Capacidad futura de la estación mejorada	141
4.7	Construcción del VSM futuro	142
4.7.1	Reconfiguración del flujo de material	142
4.7.2	Reconfiguración del flujo de información	144
4.7.3	Lead time y eficiencia del flujo futuro	145
4.8	Evaluación comparativa entre estado actual y estado futuro	151
4.8.1	Comparación de tiempos de ciclo	151
4.8.2	Comparación de capacidad de producción	151
4.8.3	Comparación de inventario en proceso y lead time	152
4.8.4	Impacto esperado en ergonomía, calidad y repetitividad	152

4.9	Resultados.....	153
4.9.1	Resultados esperados de la mejora	153
4.9.2	Vinculación con la etapa de implementación y validación	154
4.9.3	Síntesis final del capítulo.....	155
REFERENCIAS		156

CAPITULO 1 PLANTEAMIENTO Y FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACION

1.1 Introducción

En la industria automotriz, la eficiencia operativa, la estabilidad del flujo de producción y el cumplimiento oportuno de la demanda representan factores determinantes para mantener la competitividad, la calidad del producto y la satisfacción del cliente. Debido al alto nivel de exigencia de este sector, los procesos de manufactura deben operar bajo condiciones controladas, con tiempos de ciclo definidos, inventarios adecuados, estaciones balanceadas y métodos de trabajo capaces de asegurar repetitividad, continuidad y confiabilidad en la producción.

El presente proyecto se enfoca en el análisis y mejora del proceso de ensamble de manguera con válvula de purga dentro de una empresa automotriz internacional. Dicho proceso forma parte de una familia de productos que requiere la integración de diversos componentes funcionales, tales como manguera de combustible, válvula de purga, conector rápido, abrazaderas, Techflex, bujes de goma y elementos de montaje, los cuales deben cumplir requisitos dimensionales, funcionales y de hermeticidad antes de su liberación como producto terminado. El documento base señala que este ensamble exige controles relacionados con longitud, formado, profundidad de inserción, fijación de componentes, trazabilidad e inspección final.

Para el desarrollo del análisis se utiliza el Value Stream Mapping o Mapa de Flujo de Valor, herramienta Lean que permite representar de manera integral el recorrido del producto desde la materia prima hasta el cliente, incorporando tanto el flujo de materiales como el flujo de información. A diferencia de un mapeo tradicional de actividades, el VSM permite visualizar el comportamiento completo del sistema productivo, identificar desperdicios, evaluar la relación entre demanda y capacidad, y establecer una base técnica para proponer mejoras orientadas al desempeño global del flujo.

El diagnóstico del estado actual muestra que la línea presenta un desbalance operativo que limita el cumplimiento de la demanda del cliente. Aunque el sistema opera con un tiempo takt de 90 segundos por pieza, la operación de ensamble de conector rápido registra un tiempo de ciclo de 110 segundos por pieza, convirtiéndose en la principal restricción del proceso.

Esta condición reduce la capacidad de salida a aproximadamente 295 piezas por día, frente a una demanda diaria de 364 piezas, generando una brecha de 69 piezas por día, acumulación de inventario en proceso, incremento del lead time y una eficiencia de ciclo del proceso reducida.

A partir de este contexto, el proyecto plantea una propuesta de mejora enfocada en el rediseño del tramo crítico del proceso, específicamente en las operaciones de ensamble de válvula de purga y conector rápido. La solución consiste en integrar ambas actividades en una estación semiautomatizada con dispositivos de posicionamiento, sujeción controlada y accionamiento neumático, con el propósito de reducir el tiempo de ciclo, incrementar la capacidad productiva, disminuir la variabilidad del método manual y mejorar la estabilidad del flujo.

1.2 Palabras clave

Mapeo de procesos. Es una técnica de representación que permite visualizar de forma estructurada cómo se ejecutan las actividades dentro de una organización. Su finalidad es mostrar la secuencia del trabajo, las entradas, salidas, responsables, relaciones entre actividades y puntos críticos del proceso. En este proyecto, el mapeo de procesos funciona como base para comprender la operación actual y detectar áreas donde existen esperas, retrabajos, acumulaciones o falta de sincronización.

Value Stream Mapping (VSM). Es una herramienta de Lean Manufacturing que permite representar gráficamente el flujo de valor de un producto, integrando el flujo de materiales y el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente. Su importancia radica en que no solo muestra las operaciones, sino que permite analizar tiempos de ciclo, inventarios, lead time, capacidad, desperdicios y restricciones del sistema. En este estudio, el VSM se utiliza para diagnosticar el estado actual y diseñar un estado futuro mejorado.

Flujo de valor. Se refiere al conjunto de actividades necesarias para transformar una materia prima en un producto terminado que cumple con los requerimientos del cliente. Incluye actividades que agregan valor y actividades que no agregan valor. En el contexto del proyecto, el flujo de valor permite observar el recorrido completo del ensamble de manguera con válvula de purga, desde la recepción de materiales hasta el empaque final.

Tiempo takt. Es el ritmo de producción requerido para satisfacer la demanda del cliente. Se calcula dividiendo el tiempo disponible de producción entre la demanda requerida. En este caso, el tiempo takt funciona como referencia para evaluar si cada operación de la línea puede producir al ritmo necesario. Cuando una operación tiene un tiempo de ciclo mayor al takt, se convierte en una restricción para el cumplimiento de la demanda.

Tiempo de ciclo. Es el tiempo requerido para completar una operación o actividad específica dentro del proceso. Permite evaluar la capacidad de cada estación y comparar su desempeño contra el tiempo takt. En el proceso analizado, el ensamble de conector rápido presenta un tiempo de ciclo superior al requerido, lo que genera desbalance y limita la capacidad de salida de la línea.

Cuello de botella. Es la operación o recurso que limita la capacidad total del sistema productivo. Aunque las demás operaciones tengan capacidad suficiente, el cuello de botella determina la producción máxima real de la línea. En este proyecto, la operación de ensamble de conector rápido se identifica como la restricción principal debido a que su tiempo de ciclo excede el tiempo takt.

Lead time. Es el tiempo total que transcurre desde que el material entra al flujo productivo hasta que se convierte en producto terminado disponible para el cliente. Incluye tiempos de proceso, esperas, inventarios, traslados y acumulaciones. En el análisis VSM, el lead time permite dimensionar el impacto de los inventarios y de la falta de continuidad del flujo.

Inventario en proceso (WIP). Es la cantidad de piezas que se encuentran dentro del sistema productivo, pero que aún no han sido terminadas. Un inventario elevado puede ser síntoma de desbalance, esperas, lotes excesivos o falta de sincronización entre estaciones. En el proceso analizado, la acumulación de inventario en proceso se relaciona directamente con la restricción del ensamble terminal.

Desperdicio o muda. Es toda actividad que consume recursos, tiempo o espacio sin agregar valor al producto desde la perspectiva del cliente. En Lean Manufacturing, los desperdicios pueden manifestarse como esperas, inventarios, movimientos innecesarios, transporte, sobreproducción, defectos o procesos inadecuados. El VSM permite identificar estos desperdicios dentro del flujo actual.

Estado actual. Es la representación del comportamiento real del proceso antes de implementar mejoras. Incluye datos de tiempos, inventarios, capacidad, demanda, flujo de materiales e información. En este proyecto, el estado actual permite identificar la brecha entre la capacidad real de la línea y la demanda del cliente.

Estado futuro. Es la representación propuesta del proceso después de aplicar mejoras. Su objetivo es mostrar cómo debería operar el flujo una vez eliminadas o reducidas las restricciones detectadas. En el documento, el estado futuro considera la integración de las operaciones de válvula de purga y conector rápido mediante una estación semiautomatizada.

Estación semiautomatizada. Es una estación de trabajo que combina intervención del operador con dispositivos mecánicos o neumáticos que asisten la operación. Su finalidad es mejorar la repetitividad, reducir esfuerzo manual, disminuir variabilidad y elevar la capacidad productiva. En este proyecto, la estación propuesta integra posicionamiento, sujeción y accionamiento neumático para mejorar el ensamble terminal.

Capacidad productiva. Es la cantidad máxima de piezas que puede producir un proceso en un periodo determinado bajo condiciones específicas de operación. La capacidad permite comparar el desempeño real de la línea contra la demanda requerida. En el diagnóstico actual, la capacidad se encuentra por debajo de la demanda; en el estado futuro, la propuesta busca superar dicha limitación.

Eficiencia del ciclo del proceso (PCE). Es un indicador que relaciona el tiempo que agrega valor con el tiempo total del flujo. Una PCE baja indica que gran parte del tiempo total se consume en esperas, inventarios o actividades sin valor agregado. En el diagnóstico actual, la baja PCE evidencia la necesidad de mejorar el flujo y reducir desperdicios.

1.3 Planteamiento del problema

La línea de ensamble de manguera con válvula de purga presenta una condición de desbalance operativo que impide cumplir de manera sostenida con la demanda requerida por el cliente. Aunque el proceso cuenta con una secuencia definida de operaciones, el análisis del estado actual mediante VSM permite identificar que no todas las estaciones trabajan al ritmo necesario para mantener un flujo estable y continuo.

El problema principal se concentra en la etapa terminal del ensamble, específicamente en la operación de ensamble de conector rápido, la cual registra un tiempo de ciclo de 110 segundos por pieza. Este valor supera el tiempo takt de 90 segundos por pieza, por lo que dicha operación se convierte en el cuello de botella del sistema. Como consecuencia, la línea alcanza una capacidad aproximada de 295 piezas por día, mientras que la demanda diaria es de 364 piezas, generando una diferencia negativa de 69 piezas por día.

Esta diferencia entre capacidad y demanda provoca efectos negativos dentro del flujo productivo, entre los que destacan la acumulación de inventario en proceso, el aumento del lead time, la pérdida de continuidad entre estaciones, el uso ineficiente de recursos y la presión operativa sobre el personal. Además, al tratarse de operaciones manuales, la variabilidad del método de trabajo depende en gran medida de la habilidad, fuerza, fatiga y ritmo del operador, lo cual puede afectar la repetitividad del ensamble y la estabilidad del proceso.

El problema no debe interpretarse únicamente como una falta de velocidad en una estación aislada, sino como una restricción que afecta el desempeño general del flujo. Mientras la operación crítica no sea rediseñada o mejorada, la línea continuará limitada por una capacidad inferior a la demanda, aun cuando el resto de las operaciones pueda trabajar dentro del tiempo takt. Por lo tanto, resulta necesario proponer una mejora técnica que permita balancear el proceso, incrementar la capacidad de salida y reducir los desperdicios asociados al estado actual.

De esta manera, el problema de investigación se plantea de la siguiente forma:

¿De qué manera la aplicación del mapeo de flujo de valor y el rediseño del tramo crítico de ensamble pueden optimizar el flujo de operaciones, incrementar la capacidad productiva y contribuir al cumplimiento de la demanda en una línea de ensamble de manguera con válvula de purga dentro de una empresa automotriz internacional?

1.4 Hipótesis

La aplicación del Value Stream Mapping como herramienta de diagnóstico, junto con el rediseño del tramo crítico del proceso mediante una estación semiautomatizada para integrar

el ensamble de la válvula de purga y el conector rápido, permitirá mejorar el flujo de operaciones, reducir el tiempo de ciclo de la operación restrictiva, incrementar la capacidad productiva y favorecer el cumplimiento de la demanda diaria del cliente.

Hipótesis técnica complementaria

Si las operaciones manuales de ensamble de válvula de purga y conector rápido se integran en una sola estación semiautomatizada con posicionamiento guiado, sujeción controlada y accionamiento neumático, entonces el tiempo de ciclo del tramo crítico disminuirá significativamente, eliminando el cuello de botella actual y generando una capacidad superior a la demanda requerida.

Hipótesis nula

La aplicación del Value Stream Mapping y el rediseño del método de ensamble no generan una mejora significativa en el tiempo de ciclo, la capacidad productiva ni el cumplimiento de la demanda de la línea de ensamble de manguera con válvula de purga.

1.5 Objetivo general

Aplicar el mapeo de flujo de valor como herramienta de diagnóstico y mejora para analizar el estado actual de una línea de ensamble de manguera con válvula de purga en una empresa automotriz internacional, identificar las restricciones que afectan el cumplimiento de la demanda y proponer un rediseño del proceso que permita optimizar el flujo de operaciones, incrementar la capacidad productiva y reducir desperdicios asociados al sistema actual.

1.6 Objetivos específicos

1. Caracterizar el proceso actual de ensamble de manguera con válvula de purga, identificando sus componentes principales, operaciones productivas, controles de calidad, flujo de materiales y condiciones generales de operación.

2. Construir el mapa de flujo de valor del estado actual, integrando información de demanda, tiempo disponible, tiempo takt, tiempos de ciclo, inventarios en proceso, capacidad por estación, flujo de materiales y flujo de información.
3. Determinar la relación entre demanda y capacidad productiva, con el fin de identificar si el sistema actual es capaz de responder al ritmo requerido por el cliente.
4. Identificar la operación restrictiva o cuello de botella del proceso, analizando los tiempos de ciclo de cada estación y su comparación contra el tiempo takt definido.
5. Evaluar los principales desperdicios presentes en el flujo actual, considerando inventarios, esperas, desbalance operativo, movimientos innecesarios, variabilidad manual y acumulaciones entre estaciones.
6. Diseñar una propuesta de mejora enfocada en el tramo crítico del proceso, mediante la integración de las operaciones de ensamble de válvula de purga y conector rápido en una estación semiautomatizada.
7. Calcular el impacto esperado de la mejora propuesta, comparando el tiempo de ciclo actual contra el tiempo de ciclo futuro, así como la capacidad productiva antes y después de la intervención.
8. Elaborar el mapa de flujo de valor del estado futuro, representando la nueva configuración del proceso y los beneficios esperados en términos de flujo, inventario, lead time y capacidad.
9. Justificar técnicamente la viabilidad de la propuesta, considerando criterios de productividad, ergonomía, repetitividad, calidad, reducción de desperdicios y mejora del desempeño global del proceso.

1.7 Justificación

El desarrollo de este proyecto se justifica por la necesidad de mejorar el desempeño operativo de una línea de ensamble perteneciente al sector automotriz, en la cual se identificó una brecha entre la capacidad real de producción y la demanda requerida por el cliente. En este tipo de industria, el incumplimiento de la demanda puede generar impactos relevantes en la cadena de suministro, tales como retrasos en entregas, incremento de costos operativos, acumulación de inventarios, uso adicional de recursos y pérdida de eficiencia en el sistema productivo.

Desde el punto de vista técnico, el proyecto resulta pertinente porque utiliza el Value Stream Mapping como herramienta principal de diagnóstico. Esta metodología permite observar el proceso de forma integral, considerando no solo las operaciones individuales, sino también la interacción entre materiales, información, inventarios, tiempos de ciclo y demanda. El propio documento establece que el VSM permite analizar el flujo completo “puerta a puerta”, identificar desperdicios y utilizar el contraste entre estado actual y futuro como base para estructurar mejoras.

La importancia práctica del proyecto se fundamenta en que el problema detectado no corresponde a una falla aislada, sino a una restricción que limita la capacidad total de la línea. El diagnóstico muestra que la operación de ensamble de conector rápido excede el tiempo takt requerido, generando una capacidad de salida inferior a la demanda diaria. Esta condición justifica la necesidad de intervenir el tramo crítico mediante una solución enfocada, medible y directamente relacionada con el cuello de botella identificado.

La propuesta de mejora adquiere relevancia porque plantea la integración de dos operaciones manuales ensamble de válvula de purga y ensamble de conector rápido en una estación semiautomatizada. Esta alternativa no busca modificar toda la línea de producción, sino intervenir el punto con mayor impacto sobre el desempeño global del flujo. El documento señala que la mejora se delimita a la zona crítica del proceso, incorporando dispositivos de posicionamiento, sujeción controlada y accionamiento neumático para sustituir el método manual actual.

Desde una perspectiva cuantitativa, la mejora propuesta presenta un impacto significativo. El documento indica que el tiempo de ciclo del tramo crítico se reduce de 165 segundos a 42 segundos, lo que representa una disminución de 123 segundos por pieza y una mejora de 74.55 %. Además, la capacidad teórica futura se incrementa hasta 771 piezas por día, superando la demanda diaria de 364 piezas. Estos resultados permiten justificar la propuesta como una intervención con efecto directo sobre la capacidad, el balance de línea y el cumplimiento de la demanda.

Asimismo, el proyecto aporta beneficios cualitativos relevantes. La estación semiautomatizada reduce la carga ergonómica del operador, disminuye la dependencia de la fuerza manual, mejora la repetitividad del ensamble, reduce posibles errores de alineación y

fortalece el control del proceso mediante referencias geométricas definidas. Esto contribuye no solo a mejorar la productividad, sino también a establecer un método de trabajo más estable, robusto y adecuado para un entorno automotriz donde la calidad y la repetibilidad son condiciones esenciales.

Finalmente, la investigación se justifica académicamente porque integra conceptos de gestión por procesos, Lean Manufacturing, mapeo de procesos, VSM, análisis de tiempos, identificación de desperdicios y diseño de mejora. Su desarrollo permite aplicar herramientas de Ingeniería Industrial en un caso productivo realista, demostrando cómo el análisis estructurado de un proceso puede convertirse en una propuesta concreta de optimización para mejorar el flujo de operaciones dentro de una empresa automotriz internacional.

CAPITULO 2. MARCO TEORICO

2.1 Gestión por procesos: conceptos, clasificación y relación con mejora

2.1.1 Concepto de proceso como unidad de análisis organizacional

La gestión orientada a la mejora parte del reconocimiento del proceso como unidad básica para comprender el funcionamiento de una organización. Un proceso se define como un “conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”; este conjunto de actividades requiere asignación de recursos, tales como personal y materiales (Pardo J.M., 2012).

Esta definición es relevante porque establece dos ideas clave:

1. El proceso existe por la relación entre actividades.
2. Su desempeño depende de cómo se administran recursos y transformaciones.

De manera consistente, también se presenta el proceso como “conjunto de actividades mutuamente relacionadas que utilizan las entradas para proporcionar un resultado previsto” (Global Standards, 2023). Esta formulación enfatiza el carácter finalista del proceso: el resultado previsto no es accidental, sino el objetivo que guía la configuración de entradas, actividades y recursos. En términos metodológicos, este concepto habilita el diagnóstico: si el resultado es insatisfactorio (calidad, tiempo, costo, entrega), entonces el análisis debe centrarse en cómo se ejecutan y conectan las actividades del proceso.

En consecuencia, el proceso no debe entenderse como una tarea o departamento, sino como un sistema de actividades encadenadas. Esto es especialmente importante para enfoques Lean, donde la mejora busca evitar optimizaciones aisladas (locales) y, en cambio, mejorar el desempeño del flujo completo.

2.1.2 Tipos de procesos: estratégicos, operativos y de soporte

La clasificación de procesos es un recurso teórico que permite ordenar la organización y ubicar dónde se genera el valor y dónde se habilita su entrega. Se distinguen tres categorías principales:

- Procesos estratégicos (de dirección): relacionados con estrategia, políticas, objetivos, comunicación, disponibilidad de recursos y control global de la organización (Pardo

J.M., 2012). En términos de gestión, estos procesos determinan el rumbo, establecen prioridades y definen criterios de desempeño.

- Procesos operativos (nucleares): mediante ellos la organización genera los productos y servicios que entrega a sus clientes; constituyen el núcleo central del negocio y se asocian directamente con la cadena de valor (Pardo J.M., 2012). Estos procesos suelen concentrar el análisis cuando el objetivo es mejorar entrega, productividad, calidad y cumplimiento.
- Procesos auxiliares (de soporte): relacionados con el suministro o mantenimiento de recursos necesarios para el funcionamiento de la organización (Pardo J.M., 2012). Aunque no generan el producto final, condicionan el desempeño del flujo (ej. disponibilidad de materiales, mantenimiento, capacitación, etc.).

Esta clasificación también se utiliza al construir mapas de procesos bajo una perspectiva “global-local”, obligando a posicionar cada proceso respecto a la cadena de valor y relacionando el propósito de la organización con los procesos que lo gestionan (Macías García et al., 2007). La utilidad teórica de esto es clara: permite ubicar el problema en el tipo de proceso correcto (clave/operativo vs soporte) y entender cómo procesos estratégicos o de soporte influyen en el desempeño observable del flujo operativo.

Además, la clasificación puede profundizarse por niveles de detalle. Se plantea la existencia de macroprocesos (nivel 1) como representación global (cadena de valor), seguidos por niveles que desglosan la cadena hasta llegar a procesos tipo (Pardo J.M., 2012). Esta visión por niveles facilita estructurar un estudio: primero se ubica el sistema en alto nivel y después se baja al flujo específico donde se realizará el diagnóstico y la mejora.

2.1.3 Importancia de mapear y documentar procesos para control y mejora

La mejora de procesos requiere claridad sobre cómo se ejecuta el trabajo. El mapeo o diagramación tiene como objetivo mostrar, mediante símbolos, las actividades que se llevan a cabo dentro de una organización, de modo que las personas puedan ejecutar la actividad conforme fue diseñada y con el alcance acordado, cumpliendo objetivos del proceso (UNAM, 2022). Esta actividad se concibe con utilidad práctica y como un “documento vivo” que se

mejora y se mantiene actualizado con la práctica, evitando que el proceso real se separe del proceso documentado (UNAM, 2022).

El valor del mapeo también se asocia a su capacidad para representar el orden temporal de actividades, mostrar interacción entre clientes y proveedores e identificar entradas y salidas de procesos y subprocesos (UNAM, 2022).

Teóricamente, esto fortalece dos aspectos:

1. Estandarización (ejecución consistente).
2. Diagnóstico (identificación de fallas, retrabajos, puntos de espera o desconexiones entre actividades).

En organizaciones que implementan sistemas de gestión de calidad, la necesidad de definir y describir procesos se vuelve aún más crítica. Se plantea que para implementar un Sistema de Gestión de Calidad las empresas deben plantear, definir y describir cómo será el proceso, políticas, alcance, procedimientos y medidas de control; dicha información se plasma en un manual que sirve como guía para implementación, mantenimiento y mejora del sistema (Villalobos López, 2020). Esto refuerza que documentar procesos no es un requisito meramente formal, sino un medio para controlar, sostener y mejorar el desempeño organizacional.

De forma complementaria, se establece que una guía para identificación y análisis de procesos busca facilitar la identificación, análisis y mejora, optimizando funcionamiento e incrementando eficacia y eficiencia, promoviendo uniformidad en la elaboración de mapas y documentación (Macías García et al., 2007). Este criterio es relevante para tesis porque justifica metodológicamente la estandarización del análisis: cuando se mapea bajo una estructura común, los hallazgos son comparables, comunicables y convertibles en acciones.

2.2 Mapeo de procesos: fundamentos, utilidad y metodología general

2.2.1 Definición de mapeo/diagramación de procesos y su propósito

El mapeo de procesos (o diagramación) se entiende como una actividad de representación que busca describir de forma estructurada cómo se ejecuta un proceso dentro de una organización. Su finalidad es mostrar, mediante símbolos, las actividades realizadas para que las personas interesadas puedan comprender el método, replicarlo conforme a su diseño y

cumplir con los objetivos del proceso, sin que la representación se convierta en un ejercicio meramente estético. Asimismo, se concibe como un documento vivo, en constante mejora y actualización, enriquecido por la práctica operativa (UNAM, 2022).

De forma complementaria, el mapeo se explica como una herramienta que representa gráficamente las entradas, acciones y salidas de un proceso, construyendo un mapa claro y paso a paso del flujo de trabajo. Se sostiene que un buen mapa debe ilustrar el flujo del trabajo y su interacción con la organización; por lo tanto, el mapeo no se limita a enumerar actividades, sino que busca mostrar la lógica de transformación y conexión entre pasos del proceso (García, 2020).

A nivel conceptual, para comprender el sentido del “mapear” en organizaciones, se parte de la idea de mapa como representación que permite ubicar “dónde se está” respecto a un sistema y hacia dónde se pretende llegar; aplicado al contexto organizacional, mapear se asocia a localizar y representar gráficamente la distribución relativa de las partes de un todo, trasladando estructuras conceptuales a una representación que facilite entendimiento y dirección (Amisaday & Zamora, 2016).

El mapeo de procesos es una técnica de representación práctica y estandarizable que describe el trabajo (entradas–acciones–salidas) y su secuencia, apoyando la comprensión, la ejecución consistente y el análisis posterior del desempeño.

2.2.2 Elementos de un mapa de procesos (entradas, salidas, pasos y relaciones)

Un mapa de procesos debe permitir visualizar el flujo de trabajo y la interacción de este con la organización. Para lograrlo, se plantea que el mapeo incluye componentes principales como entradas, salidas y pasos del proceso, de modo que el lector no solo entienda “qué se hace”, sino también “qué lo detona”, “qué lo alimenta” y “qué produce”. Esta estructura se vuelve fundamental para delimitar el alcance del proceso, identificar sus fronteras y ubicar los puntos donde se agregan transformaciones o donde se generan cuellos de botella (García, 2020).

Además, la representación del mapa busca reflejar el orden temporal en el que suceden las actividades, mostrando la interacción entre clientes y proveedores e identificando

entradas/insumos y salidas/productos de procesos y subprocesos. Esto es clave porque el mapa no es solo una lista de actividades; es una representación de la lógica del proceso en el tiempo y en la relación con otras partes del sistema (UNAM, 2022).

Un componente metodológico fundamental para que el mapa sea útil es la participación de quienes realizan el trabajo. Se destaca que el proceso de mapeo debe involucrar principalmente a las personas que intervienen directamente en el proceso, ya que conocen actividades, insumos, productos, proveedores, clientes y “conocimientos prácticos” derivados de la experiencia. De forma adicional, se recomienda integrar un equipo con perfiles diversos (habilidades y funciones) para enriquecer el mapa y el análisis asociado a indicadores y estándares de trabajo. (Amisaday & Zamora, 2016).

2.2.3 Metodologías para implementar mapeo de procesos (selección, construcción y análisis)

La implementación del mapeo requiere una metodología que asegure utilidad y consistencia. Se reconoce que el mapeo no debe elaborarse de manera aislada ni descontextualizada, sino como un recurso que proporciona información del proceso, ayuda a equipos a generar ideas y fortalece la comunicación organizacional. Esto implica que el mapeo se convierte en una herramienta de trabajo colaborativo: al representar el proceso, se habilita la discusión informada sobre cómo opera y cómo puede mejorarse (García, 2020).

Desde un enfoque orientado al sistema de gestión, el mapeo se vincula con la mejora de procesos del Sistema de Gestión de Calidad, planteándose como objetivo mejorar medidas críticas de desempeño (por ejemplo, ingresos y costos). Esta orientación metodológica refuerza que el mapeo no es un fin en sí mismo: es un medio para mejorar desempeño a través de decisiones estructuradas (Amisaday & Zamora, 2016).

Asimismo, se plantea que el mapeo debe ser entendido como una herramienta dinámica: un “documento vivo” que se mantiene actualizado y que se mejora continuamente conforme evoluciona la operación real. Por lo tanto, el mapa no debe considerarse estático; su utilidad se incrementa cuando se revisa, se valida y se ajusta con la práctica y los hallazgos del análisis (UNAM, 2022).

Finalmente, al analizar una propuesta aplicada de mapeo orientado a la creación de valor, se destaca el uso de enfoques sistémico-estructurales y modelación para diseñar el mapa, y el empleo de análisis documental y entrevistas para sustentar el diagnóstico. Esto refuerza que la implementación metodológica puede combinar técnicas de análisis y levantamiento de información, según el contexto organizacional.

Implementar mapeo de procesos implica seleccionar y delimitar el proceso a analizar, levantar información con participación del personal involucrado, construir el mapa como documento vivo y utilizarlo como base para análisis del desempeño y toma de decisiones de mejora, pudiendo apoyarse en técnicas de diagnóstico documental y entrevistas según el contexto.

2.2.4 Beneficios del mapeo de procesos (comunicación, estandarización, control y mejora)

El mapeo de procesos ofrece beneficios asociados tanto a comprensión como a desempeño. En primer lugar, se sostiene que mapear procesos ayuda a proporcionar información sobre el proceso, apoya la generación de ideas y aumenta la comunicación organizacional; además, permite visualizar claramente la interacción del trabajo con la organización. Esto genera un entendimiento compartido y reduce ambigüedades sobre cómo se ejecuta realmente el proceso.

En segundo lugar, se afirma que invertir tiempo en mapear procesos permite encontrar beneficios que van desde incrementar la satisfacción de clientes internos y externos hasta reducir costos. Esta afirmación vincula directamente al mapeo con resultados organizacionales medibles, reforzando su pertinencia como base para análisis y mejora.

Desde una perspectiva más estructurada, se enumeran beneficios como: visualización sencilla de procesos, identificación de relaciones entre acciones, alineación de objetivos estratégicos, alineación de roles y responsabilidades, comunicación de objetivos y alcance de cada proceso, flujo efectivo de operación y control de operación para dirigir la organización. Estos beneficios sostienen que el mapeo no solo “describe” sino que ordena la operación y facilita control y dirección (Arellano Vera Alan, 2019).

Finalmente, el mapeo se conecta con la creación de valor al considerarse una herramienta de gestión orientada a generar valor en contextos industriales, permitiendo construir mapas centrados en productos específicos y sustentando decisiones mediante diagnóstico y análisis del sistema de procesos (Rojas Hernández et al., 2024).

El mapeo de procesos mejora comunicación y comprensión, soporta estandarización y control, facilita alineación organizacional (objetivos, roles, alcance) y se asocia a beneficios de desempeño como satisfacción y reducción de costos, además de apoyar la creación de valor cuando se integra a la gestión por procesos.

2.3 Relación entre el mapeo de procesos y la cadena/flujo de valor (puente hacia VSM)

2.3.1 Mapeo de procesos: alcance, enfoque y limitaciones típicas en su uso

El mapeo de procesos permite representar y entender cómo se ejecuta el trabajo dentro de una organización, ayudando a alinear operaciones y controlar la ejecución. No obstante, en la práctica pueden presentarse limitaciones cuando el mapa no está estandarizado o no refleja fielmente la realidad operativa. Se identifican problemáticas como: interpretaciones distintas entre áreas (criterios no homologados), mapas que no reflejan la operación real y ausencia de estandarización en colores, figuras o códigos (Amisaday & Zamora, 2016).

Estas limitaciones son relevantes porque, aunque el mapeo de procesos es útil para describir actividades, su poder diagnóstico se debilita si no existe un lenguaje común o si la representación no captura el comportamiento real del flujo. En consecuencia, se vuelve necesario incorporar enfoques que permitan observar el sistema con mayor consistencia, conectando el análisis no solo a “actividades”, sino a su contribución al desempeño global del flujo.

Por otra parte, el propio enfoque de mapeo de procesos propone una ruta metodológica que incluye construir un equipo multifuncional, determinar el proceso a mapear y crear un mapa del estado actual; en ese contexto se introduce explícitamente la idea de representar el flujo de materiales e información como parte del estado actual. Esto muestra una transición natural: del mapeo tradicional hacia un análisis que ya apunta al lenguaje del flujo de valor (Amisaday & Zamora, 2016).

2.3.2 Cadena/flujo de valor: necesidad del enfoque “end to end” para diagnosticar el desempeño real

Cuando el objetivo es mejorar desempeño (tiempo, entrega, costos, desperdicio), el análisis requiere observar el recorrido completo del producto/servicio a través del sistema. En este sentido, se define el mapa de flujo de valor como una representación gráfica del recorrido del producto desde la adquisición de materia prima hasta su llegada al consumidor final (Global Standards, 2023).

Este enfoque “de extremo a extremo” es el puente conceptual: mientras el mapeo de procesos puede enfocarse en el funcionamiento de un proceso o área, el flujo de valor obliga a observar la secuencia completa y el movimiento de aquello que el cliente valora, integrando materiales, información y procesos que contribuyen a obtener lo que el cliente compra o requiere. Además, el flujo de valor se describe como un enfoque “puerta a puerta” (desde proveedor hasta cliente) que muestra cómo fluyen materiales e información en todo el sistema. Esta característica es crucial para justificar por qué, para resolver problemas de desempeño del sistema, no basta con mapear actividades internas: se requiere visualizar cómo se conecta todo el flujo. (Cabrera Calva, 2020).

2.3.3 VSM como evolución operativa del mapeo: del “mapa de actividades” al “mapa del flujo (material + información)”

El Value Stream Mapping (VSM) se presenta como una herramienta capaz de ver y entender un proceso e identificar desperdicios, aportando además un “lenguaje común” entre usuarios y comunicando ideas de mejora con base en un plan que prioriza esfuerzos (Cabrera Calva, 2020).

Esto lo diferencia del mapeo de procesos tradicional en un punto metodológico clave: el VSM no solo pretende describir “qué se hace”, sino que estructura la representación para sostener un diagnóstico del flujo con enfoque a desperdicio y mejora. En términos aplicados, se documenta el uso del VSM como instrumento para realizar el “mapeo de procesos” con la finalidad de mejorar los flujos e identificar cuáles actividades añaden valor, comparando mapas preliminar, actual y futuro (Benitez López et al., 2023).

La relación entre ambos enfoques puede entenderse así: el mapeo de procesos provee claridad sobre actividades y secuencias; el VSM, además, incorpora explícitamente el análisis del flujo de materiales e información, haciendo visible el comportamiento del sistema “puerta a puerta” y habilitando un diagnóstico orientado a eliminación de desperdicio (Cabrera Calva, 2020).

Incluso en revisiones sobre herramientas Lean se subraya que la limitación de ciertas representaciones está en la falta de representación del **flujo de información**, lo que refuerza por qué VSM (que integra material + información) se vuelve especialmente útil como herramienta puente entre diagnóstico y diseño de mejora (Khan et al., 2020).

2.3.4 Cierre del puente teórico hacia VSM

Con base en lo anterior, el marco conceptual permite sostener que:

- El mapeo de procesos describe actividades y puede apoyar control y estandarización, pero puede presentar debilidades si no refleja operación real o no estandariza criterios de interpretación.
- El análisis de flujo/cadena de valor exige una visión integral “end-to-end” y hace explícita la importancia de representar materiales e información.
- El VSM consolida esta necesidad al convertirse en una herramienta de mapeo del flujo que permite visualizar “puerta a puerta” materiales e información, identificar desperdicios y estructurar mejoras con un lenguaje común y un plan de acción.

2.4 Value Stream Mapping (VSM): definición, propósito y alcance

2.4.1 Definición de Value Stream Mapping (VSM)

El Value Stream Mapping (VSM) se define como una técnica desarrollada dentro del enfoque de Producción Ajustada, orientada a apoyar la mejora de procesos productivos. Esta definición lo ubica como una herramienta metodológica Lean cuyo fin no es únicamente describir la operación, sino aportar estructura para mejorar el desempeño del sistema productivo mediante el análisis del flujo (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

De manera operativa, el VSM se materializa a través del mapa de flujo de valor, entendido como una representación gráfica de los procesos por los que pasa un producto desde la adquisición de la materia prima hasta que llega al consumidor final. Esta definición delimita el objeto de análisis como un recorrido completo del producto a través del sistema, lo cual constituye una base teórica para estudiar desempeño “de extremo a extremo” y no únicamente por áreas o estaciones aisladas (Global Standards, 2023).

Asimismo, el VSM se describe como una técnica para dibujar un “mapa” o diagrama de flujo mostrando cómo materiales e información fluyen “puerta a puerta” desde el proveedor hasta el cliente, con la intención de reducir y eliminar desperdicios; además, se plantea que puede ser útil para la planeación estratégica y la gestión del cambio. En este sentido, el VSM incorpora explícitamente el componente de flujo de información como parte esencial del análisis, ya que el desempeño del sistema está condicionado tanto por cómo se mueven materiales como por cómo se planifica, programa y controla la producción (Cabrera Calva, 2020).

Bajo estas fuentes, el VSM se entiende como una técnica Lean de representación del flujo de valor que integra materiales e información, permitiendo visualizar el recorrido completo del producto (proveedor–cliente) para apoyar decisiones de mejora.

2.4.2 Propósito del VSM: identificar valor, desperdicio y priorizar la mejora

El propósito del mapa de flujo de valor se expresa como mapear las actividades e identificar aquellas que agregan valor al producto a lo largo de la cadena de suministro, con el objetivo de mejorar los procesos y desarrollar una ventaja competitiva. Esta formulación es relevante en el marco teórico porque define el criterio de lectura del flujo: el análisis se orienta a separar actividades que aportan valor de aquellas que consumen recursos sin contribuir al resultado apreciado por el cliente (Global Standards, 2023).

Para sustentar el propósito anterior, se incorpora el concepto de desperdicio o muda, definido como “toda actividad que consume recursos sin agregar ningún valor al producto”. Esta definición convierte el análisis VSM en un ejercicio con criterio técnico, ya que establece un

fundamento para calificar actividades dentro del flujo y justificar acciones de reducción/eliminación (Global Standards, 2023).

Desde una perspectiva metodológica, también se plantea que el mapeo de la cadena de valor permite la representación gráfica del estado actual y futuro del sistema de producción con el objetivo de que los usuarios entiendan mejor cuáles actividades de desperdicio deben ser eliminadas. Se añade que se trata de una herramienta “potente y sencilla” que alinea y distingue el verdadero valor del producto, destacando su utilidad y simplicidad como fortaleza (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

En síntesis, el propósito del VSM no se limita a documentar el proceso busca:

1. Clarificar el valor en el flujo.
2. Localizar desperdicios.
3. Proporcionar una base estructurada para priorizar la mejora mediante el contraste entre estado actual y estado futuro.

2.4.3 Alcance del VSM: flujo integral de materiales e información (visión “puerta a puerta”)

El alcance del VSM se caracteriza por la representación completa del recorrido del producto desde materia prima hasta consumidor final. Esta visión integral define el flujo de valor como una secuencia de procesos por los que transita el producto, evitando que el análisis se limite al desempeño local de una operación (Global Standards, 2023).

De forma complementaria, se establece que el flujo de valor muestra la secuencia y el movimiento de lo que el cliente valora e incluye los materiales, la información y los procesos que contribuyen a obtener lo que el cliente compra o requiere. Esta afirmación es especialmente relevante para el marco teórico porque introduce una idea clave: el desempeño del sistema depende de la coordinación entre el flujo físico (material) y el flujo de información (planeación/programación), y ambos deben visualizarse para comprender el comportamiento real de entrega (Cabrera Calva, 2020).

La expresión “puerta a puerta” (proveedor–cliente) refuerza el carácter sistémico del VSM. Al representar el flujo completo y no únicamente un proceso interno, el mapa permite

observar acumulaciones, desconexiones y decisiones de control que impactan tiempos y desempeño del flujo global. En consecuencia, el VSM se posiciona como una herramienta adecuada para investigaciones orientadas a la mejora del flujo total, pues traduce el sistema en una representación integrada y analizable (Cabrera Calva, 2020).

2.4.4 VSM como herramienta de diagnóstico en Lean (sustento aplicado)

En el ámbito de Lean, el VSM se utiliza como herramienta diagnóstica para entender cómo se comporta el sistema y qué condiciones generan desperdicio. Se documenta evidencia aplicada donde el mapa de la cadena de valor se emplea como herramienta de diagnóstico en un sistema productivo, determinando con base en el tiempo takt del proceso que una línea fabricaba dos veces más rápido de lo que el cliente demandaba, generando desperdicios por inventarios y transportes. Además, se identificaron dificultades asociadas a comunicación y cultura de producción esbelta (Moreno Castillo et al., 2018).

Esta evidencia es importante para el marco teórico por dos razones:

1. Muestra que el VSM permite emitir diagnósticos vinculados a la relación demanda–capacidad (takt).
2. Conecta el diagnóstico con desperdicios concretos (inventarios y transportes), reforzando el criterio técnico de análisis basado en desperdicio/muda.

Además, el VSM se describe como herramienta que ayuda a “ver y entender” un proceso e identificar desperdicios; también facilita establecer un lenguaje común entre usuarios y comunicar ideas de mejora mediante un plan que prioriza esfuerzos de mejoramiento. Esta característica refuerza el rol diagnóstico del VSM: además de identificar problemas del flujo, soporta la comunicación interfuncional necesaria para diseñar e implementar mejoras (Cabrera Calva, 2020).

2.5 Metodología del VSM: pasos para construir el estado actual

2.5.1 Preparación del trabajo VSM: conformación del equipo y definición del alcance

La construcción del VSM requiere una etapa de preparación que garantice claridad metodológica antes de iniciar el levantamiento del mapa. Dentro de las etapas generales para elaborar un mapa de flujo de valor se consideran, de forma explícita, la elección del equipo y la elección de una familia de productos, además de la evaluación de la situación actual y futura. Esta secuencia muestra que el VSM no inicia con el dibujo del mapa, sino con una definición previa de quién participa y qué flujo será analizado (Global Standards, 2023).

La selección del equipo tiene relevancia técnica porque el VSM exige información operativa real, criterios de interpretación del flujo y conocimiento sobre la secuencia de actividades, abastecimiento, tiempos y condiciones de operación. Por ello, la participación de personal vinculado al proceso fortalece la fidelidad del mapa y permite que la representación refleje la operación real y no únicamente el proceso “documentado” o idealizado. Esta lógica es consistente con los enfoques de mapeo de procesos que recomiendan involucrar a quienes ejecutan el trabajo y conocen proveedores, clientes, insumos, productos y condiciones operativas (Amisaday & Zamora, 2016).

En términos de alcance, la preparación metodológica evita errores comunes como intentar mapear demasiados productos, rutas o variaciones en un solo diagrama, lo que dificultaría la lectura y el análisis. De esta forma, la preparación del VSM establece una base para construir un mapa útil, comparable y orientado a diagnóstico.

2.5.2 Selección de la familia de productos como criterio de delimitación del estado actual

Una decisión metodológica central para construir el estado actual es la selección de la familia de productos. Se establece que mapear todos los productos elaborados en una empresa resulta complicado y con alto riesgo de error, por lo que se considera necesario focalizar el análisis en una sola familia. Esta decisión permite simplificar el estudio sin perder representatividad del flujo (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

La familia de producto se define como un conjunto de productos que comparten pasos similares de proceso, utilizan equipos comunes y presentan una carga de trabajo aproximadamente similar. Esta definición es metodológicamente útil porque delimita el objeto de estudio en términos operativos: no se selecciona una familia por conveniencia nominal, sino por similitud real de ruta y comportamiento productivo (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

Como apoyo para esta delimitación, se propone el uso de una matriz producto–proceso/equipo, práctica que permite identificar agrupaciones con rutas similares y, con ello, definir la familia a mapear. Aunque pueden existir otras herramientas o algoritmos para la agrupación, se destaca la utilidad de esta matriz por su simplicidad y practicidad (Global Standards, 2023).

La selección de la familia influye directamente en la calidad del estado actual, ya que un mapa con mezcla de rutas no comparables puede ocultar desperdicios, distorsionar tiempos y dificultar la formulación de mejoras. En cambio, un flujo delimitado por familia proporciona una base estable para el levantamiento de datos y para el diseño posterior del estado futuro.

2.5.3 Levantamiento del estado actual: observación directa y definición de pasos del proceso

La elaboración del mapa del estado actual se fundamenta en el levantamiento del flujo real. Para definir los pasos del proceso, se plantea registrar las etapas completas iniciando con el cliente y retrocediendo hasta las materias primas, elaborando un bosquejo preliminar del proceso y visitando la línea o áreas de producción para obtener información directa. Esta forma de trabajo enfatiza la observación de la operación real como base del VSM (Global Standards, 2023).

La metodología sugiere recorrer el proceso y registrar datos relevantes en cada etapa, identificando procesos en serie o en paralelo, puntos de abastecimiento, inspecciones y condiciones particulares del flujo. De esta manera, el estado actual deja de ser una descripción abstracta y se convierte en una representación del comportamiento real del

sistema, incluyendo elementos que afectan su continuidad y desempeño. (Global Standards, 2023).

Este enfoque se alinea con una lógica de diagnóstico aplicada: el VSM del estado actual no se construye desde procedimientos ideales o documentos normativos, sino desde la evidencia observable del flujo, para poder identificar con precisión acumulaciones, esperas, movimientos y otras condiciones que impactan la entrega.

2.5.4 Datos por levantar en el estado actual: variables operativas del proceso

El levantamiento del estado actual requiere recopilar información cuantitativa del proceso para sustentar el diagnóstico. Entre las variables propuestas se encuentran: tiempo de procesamiento, tiempo de cambio de línea, tiempo muerto de equipos, tiempo de uso de equipos, tamaño de lotes, inventario de producto, scrap generado y eficiencia, entre otras. Estas variables permiten caracterizar el desempeño de cada proceso y del flujo en su conjunto (Global Standards, 2023).

Además de los datos internos del proceso, el estado actual también incorpora información del cliente y de la demanda, así como elementos de requerimiento que ayuden a contextualizar la carga de trabajo del sistema. Se propone utilizar cuadros de datos para registrar variables del cliente (por ejemplo, unidades por día y otros datos de requerimiento) con la finalidad de relacionar el comportamiento del proceso con la exigencia del flujo (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

La integración de estas variables en el mapa es lo que transforma al VSM en una herramienta de análisis: el diagrama no se limita a mostrar la secuencia de actividades, sino que incorpora mediciones que permiten comparar procesos, identificar restricciones y evidenciar pérdidas asociadas al flujo.

2.5.5 Construcción del mapa del estado actual: proveedor, cliente, procesos y flujo de material

La construcción gráfica del estado actual sigue una secuencia ordenada que facilita la lectura del flujo. Se indica que el diseño del mapa generalmente comienza con la colocación de los

íconos de proveedor y cliente, ya que estos delimitan los extremos del flujo. A partir de ellos, se agregan los procesos de producción utilizando cajas de proceso, se incorporan sus casillas de datos, y se representan los flujos de material entre procesos (Global Standards, 2023).

Esta estructura tiene una función metodológica clara: al ubicar primero proveedor–cliente, el mapa se organiza desde una perspectiva de cadena completa; al agregar procesos con datos, el flujo se vuelve analizable; y al representar material entre procesos, se visibilizan los puntos donde pueden existir acumulaciones, transportes o discontinuidades.

En el desarrollo de la técnica también se contempla la representación de inventarios dentro del flujo, utilizando simbología específica para señalar acumulaciones de materia prima, producto en proceso o producto terminado. Esta inclusión es esencial en el estado actual, ya que los inventarios constituyen una evidencia visual de las condiciones del flujo y se relacionan directamente con tiempos de espera y desperdicio (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

2.5.6 Incorporación del flujo de información en el estado actual

Un rasgo distintivo del VSM frente a otros esquemas de mapeo es la incorporación explícita del flujo de información. En la simbología del VSM se incluyen elementos asociados a pronósticos, planes de producción y programación, así como símbolos que representan la comunicación de información entre cliente, proveedor y procesos. Esto permite reflejar la forma en que el sistema es controlado y coordinado (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

En un procedimiento más detallado de elaboración del mapa actual, se plantea que, después de registrar procesos e inventarios, se grafique el flujo de información, integrándolo a la representación global del estado actual. Este paso es metodológicamente importante porque muchas condiciones de desperdicio no se explican solo por el flujo físico, sino por decisiones de programación, secuenciación y abastecimiento (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

La representación simultánea de materiales e información fortalece el diagnóstico del estado actual, ya que permite relacionar el comportamiento visible del flujo (inventarios, esperas, transporte) con el sistema de control que lo gobierna.

2.5.7 Línea de tiempo del estado actual: base para el análisis temporal del flujo

Una vez colocados procesos, casillas de datos y flujos de material, se incorpora la línea de tiempo en la parte inferior del mapa. Este componente forma parte de la secuencia de elaboración del VSM y cumple una función analítica, ya que permite sintetizar el comportamiento temporal del flujo a partir de los datos levantados (Global Standards, 2023).

En la metodología VSM se explica que la línea de tiempo muestra tanto los tiempos de ciclo de actividades que agregan valor como los tiempos de actividades que no agregan valor, haciendo visible la diferencia entre tiempo de transformación y tiempo total consumido por el flujo (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

De forma complementaria, se describe un procedimiento donde, al final del mapeo actual, se contabiliza el contenido de trabajo de la pieza y el periodo de maduración desde materia prima hasta producto terminado, representándolo mediante una línea dentada en la base del mapa. Esta práctica integra el análisis del tiempo total del flujo y contribuye a cuantificar el impacto de inventarios y esperas (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

La línea de tiempo, por tanto, no es un elemento gráfico adicional, sino una pieza metodológica clave para interpretar el estado actual y sustentar posteriormente el diseño del estado futuro.

2.5.8 Lectura del estado actual: identificación de desperdicios y base para el rediseño

El propósito de construir el estado actual es generar una representación del flujo que permita identificar condiciones de desperdicio y oportunidades de mejora. En el marco de la implementación del VSM se establece que se realizan mapas de estado actual, análisis de mudas y desperdicios, y posteriormente se concluye con mapas de estado futuro. Esto

muestra que el estado actual se construye para ser analizado y no solo para documentar la operación (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

La utilidad del estado actual se fortalece al incorporar variables como tiempos de proceso, tiempos muertos, inventarios, scrap y eficiencia, así como al representar materiales e información en una misma estructura. Esta integración permite leer el flujo con criterio técnico e identificar dónde se concentran pérdidas, esperas o desbalances que deben atenderse en el rediseño (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

En términos metodológicos, el estado actual constituye la base del contraste posterior con el estado futuro y, por tanto, el sustento principal para justificar propuestas de mejora dentro de una investigación aplicada.

2.6 Elementos del VSM y simbología (lenguaje estándar del mapa)

2.6.1 Importancia de la simbología en el VSM como lenguaje de análisis

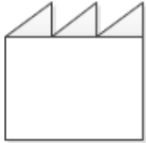
La utilidad del VSM depende, en gran medida, de su capacidad para comunicar de forma clara el comportamiento del flujo. Para ello, emplea una simbología estandarizada que permite representar procesos, flujos de materiales, flujos de información, inventarios, transporte y datos de desempeño en un mismo esquema. Esta estandarización convierte al VSM en un lenguaje común entre áreas, facilitando la lectura del mapa y la discusión de hallazgos y mejoras (Cabrera Calva, 2020).

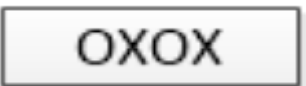
Desde una perspectiva metodológica, la simbología no cumple solo una función gráfica; su valor reside en que permite estructurar el análisis del flujo. Es decir, cada símbolo representa una condición del sistema (por ejemplo, un proceso, un inventario o una señal de información), y esa representación permite interpretar dónde se concentran esperas, cómo se mueve el material, cómo se programa el trabajo y qué elementos condicionan el desempeño global del flujo (Global Standards, 2023).

En consecuencia, la simbología del VSM debe entenderse como parte del sustento técnico del mapa: sin una convención gráfica clara, el mapa pierde consistencia, dificulta la comparación entre estados (actual/futuro) y reduce su utilidad como herramienta de diagnóstico y comunicación.

Los principales símbolos son:

Tabla 1.1 Símbolos del VSM

	Fuentes externas: Este símbolo representa clientes y proveedores
	Flecha de traslado: Este símbolo representa el traslado de materias primas y producto terminado. De proveedor a planta o de planta o de planta a cliente
	Transporte mediante camión de carga
	Transporte mediante tren
	Transporte mediante avión
	Operación del proceso
	Información: Pronostico, plan de producción, programación
	Flecha de empuje para conectar el flujo de materiales entre operaciones cuando este se lleva a cabo mediante un sistema push

	Flecha de arrastre para conectar el flujo de materiales entre operaciones cuando este se lleva a cabo mediante un sistema pull.
	Flecha para conectar el flujo de materiales entre operaciones cuando este se lleva a cabo mediante una secuencia: "primeras entradas, primeras salidas"
	Inventario: De materia prima, producto en proceso, producto terminado
	Información transmitida de forma manual
	Información transmitida de forma electrónica
	Relámpago Kaisen: Este símbolo representa los puntos donde deben realizarse eventos de mejora enfocado en implementar la herramienta de Lean Manufacturing expresada.
	Kanban de producción
	Kanban de transporte
	Nivelación de la carga: Herramienta que se emplea para interceptar lotes de Kanban y nivelar el volumen de la producción
	Línea de tiempo: Muestra los tiempos de ciclo de las actividades que agregan valor, y los tiempos de las actividades que no agregan valor

Fuente: Elaboración propia

2.6.2 Símbolos de fuentes externas: cliente y proveedor

Dentro del VSM, los símbolos de fuentes externas representan los extremos del flujo y delimitan la cadena de valor analizada. Estos símbolos identifican al cliente y al proveedor, permitiendo ubicar desde dónde inicia el abastecimiento y hacia dónde se orienta la entrega del producto. Su presencia en el mapa es fundamental porque establece el enfoque “puerta a puerta” del análisis (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

La colocación de cliente y proveedor al inicio de la construcción del mapa responde a una lógica metodológica: al fijar los límites del sistema, el resto de los procesos, flujos e inventarios se organizan dentro de una estructura clara de entrada–transformación–salida. De este modo, el mapa deja de ser una representación interna aislada y pasa a mostrar una cadena conectada con demanda y suministro (Global Standards, 2023).

Teóricamente, estos símbolos ayudan a reforzar la orientación del VSM hacia el flujo completo, evitando que el análisis se limite a departamentos o áreas funcionales sin considerar su relación con el abastecimiento y la entrega al cliente.

2.6.3 Símbolos de proceso: caja de proceso y su función en la lectura del mapa

La caja de proceso es uno de los elementos centrales de la simbología VSM, ya que representa cada etapa de transformación o actividad principal dentro del flujo. Su función es identificar y delimitar visualmente los procesos que forman parte de la cadena analizada, organizándolos en secuencia para mostrar el recorrido del producto (Global Standards, 2023).

En la metodología de elaboración del mapa, una vez definidos cliente y proveedor, se colocan los procesos de producción mediante cajas de proceso, y debajo de cada una se incorpora una casilla de datos. Esta disposición refleja una lógica de lectura estructurada: primero se identifica “qué proceso es”, y posteriormente “cómo se comporta” mediante datos (Global Standards, 2023).

La caja de proceso, por tanto, no solo cumple una función de identificación nominal. En términos de análisis, sirve como “ancla” para relacionar información operativa (tiempos, eficiencia, scrap, lotes, etc.) con una etapa específica del flujo, facilitando el diagnóstico de dónde se presentan variaciones o pérdidas de desempeño.

2.6.4 Casilla de datos del proceso: soporte de información para el diagnóstico

La casilla de datos complementa la caja de proceso y constituye uno de los elementos más importantes del VSM, ya que concentra variables necesarias para describir y evaluar el desempeño de cada etapa. En la simbología se incluye explícitamente el “casillero de datos” como componente del mapa, lo que confirma que la representación VSM está diseñada para integrar datos cuantitativos y no únicamente una secuencia visual de operaciones (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

Entre los datos que pueden registrarse se encuentran tiempos de proceso, tiempos de cambio, tiempos muertos, tamaño de lotes, inventarios, scrap y eficiencia, además de variables asociadas a requerimientos del cliente. La incorporación de estos datos en el mapa permite comparar etapas, identificar restricciones y relacionar el desempeño de cada proceso con el comportamiento del flujo total (Global Standards, 2023).

Desde el punto de vista del marco teórico, la casilla de datos es lo que convierte al VSM en una herramienta gráfico-analítica: combina representación visual y medición, facilitando que el estado actual sea interpretado con evidencia.

2.6.5 Símbolos de flujo de materiales: movimiento, secuencia y continuidad del producto

Los símbolos de flujo de materiales muestran cómo se desplaza el producto (o materia prima, producto en proceso y producto terminado) entre las distintas etapas del sistema. Su función principal es representar la secuencia de movimiento y la conexión física entre procesos, permitiendo visualizar continuidad, interrupciones y trayectorias del flujo (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

Dentro de esta simbología se contemplan flechas o símbolos de traslado para representar el movimiento de materias primas y producto terminado, así como elementos vinculados al transporte. Esta información es importante porque el transporte y los desplazamientos pueden constituir desperdicios cuando no agregan valor al producto, de modo que su representación explícita en el mapa fortalece el análisis del estado actual (Cabrera Calva, 2020).

La representación del flujo de materiales también permite relacionar los procesos con inventarios intermedios, mostrando si existe una transición continua o si el flujo se detiene/acumula entre etapas. Por ello, estos símbolos son esenciales para identificar visualmente posibles puntos de congestión o desacoplamiento del sistema.

2.6.6 Símbolos de inventario y almacenamiento: acumulación y evidencia de espera

La simbología VSM incluye símbolos específicos para representar inventarios, tanto de materia prima como de producto en proceso o terminado. Estos símbolos hacen visible la acumulación de material dentro del flujo y, en consecuencia, permiten identificar puntos donde el producto permanece almacenado en lugar de avanzar en transformación (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

Desde una perspectiva analítica, el inventario no solo representa cantidad física acumulada; también es un indicador indirecto de espera y de posibles desbalances entre procesos. Por ello, su representación en el mapa tiene un valor diagnóstico importante, especialmente cuando se complementa con la línea de tiempo y con los datos de entregas, lotes y tiempos del proceso (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

En términos teóricos, la visualización de inventarios fortalece la lectura del flujo al permitir distinguir entre tiempo de transformación y tiempo consumido por almacenamiento/espera, aspecto central en el análisis de desperdicio dentro de Lean.

2.6.7 Símbolos de flujo de información: programación, control y comunicación del sistema

Uno de los rasgos distintivos del VSM es la representación del flujo de información. La simbología considera elementos asociados a pronósticos, plan de producción y programación, así como las señales que conectan cliente, proveedor y procesos mediante información (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

La inclusión de esta simbología responde a una necesidad metodológica: el desempeño del flujo no depende únicamente del movimiento físico de materiales, sino también de cómo se

planifica, secuencia y controla la producción. En este sentido, el flujo de información explica parte del comportamiento del sistema visible en inventarios, tiempos de espera o variaciones entre procesos (Khan et al., 2020).

Teóricamente, esta integración material + información diferencia al VSM de otras herramientas de representación y refuerza su valor como instrumento de diagnóstico sistémico.

2.6.8 Símbolos de envíos, transporte y conexión con cliente/proveedor

La simbología VSM también contempla representaciones de envíos y transportes, permitiendo visualizar cómo se realiza el traslado de materiales o productos entre entidades del flujo (incluyendo entradas desde proveedor y salidas hacia cliente). Estos símbolos son importantes porque ayudan a comprender la logística asociada al proceso y a identificar condiciones que pueden generar costos, tiempos adicionales o desperdicio (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

La representación de envíos y transportes se vuelve particularmente útil cuando se analiza la frecuencia de entregas, volúmenes y tamaños de embalaje, ya que esos elementos influyen directamente en inventarios y tiempos de flujo. En metodologías de elaboración del estado actual se integra este tipo de información como parte del registro de entregas al cliente y acopios del proveedor (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

2.6.9 Lectura integrada de la simbología: del dibujo al diagnóstico del flujo

La simbología del VSM no debe interpretarse de manera aislada símbolo por símbolo; su valor se alcanza cuando se leen en conjunto las fuentes externas, procesos, casillas de datos, flujos de material, inventarios y flujos de información. Esta integración permite reconstruir la lógica del sistema y comprender cómo interactúan transformación, control y acumulación en el desempeño del flujo (Global Standards, 2023).

En términos de marco teórico, la simbología constituye el soporte formal para la lectura del estado actual y la comparación con el estado futuro. Gracias a este lenguaje común, el VSM

puede utilizarse no solo como herramienta de análisis técnico, sino también como medio de comunicación para priorizar y acordar mejoras entre áreas (Cabrera Calva, 2020).

2.7 Indicadores y métricas del VSM para el diagnóstico del desempeño del flujo

2.7.1 Función de los indicadores dentro del VSM

El VSM no se limita a representar gráficamente el flujo; su valor metodológico depende de la incorporación de indicadores y datos operativos que permitan interpretar el comportamiento real del sistema. En este sentido, el mapa se convierte en una herramienta de diagnóstico cuando integra variables de proceso, datos de demanda y referencias de desempeño que hacen posible comparar el estado actual con las necesidades del cliente y con un estado futuro deseado (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

La función de estos indicadores es doble. Por una parte, permiten describir el comportamiento del flujo (tiempos, inventarios, cambios, pérdidas, eficiencia); por otra, permiten interpretar ese comportamiento bajo criterios de valor y desperdicio, identificando dónde se concentran desbalances o condiciones que deterioran el desempeño global. Esta lógica es coherente con el enfoque del VSM como herramienta Lean de diagnóstico y mejora del flujo de valor (Cabrera Calva, 2020).

2.7.2 Takt time: referencia del ritmo de producción en función de la demanda

El takt time constituye uno de los indicadores centrales en el análisis y diseño del flujo dentro del VSM, ya que funciona como referencia del ritmo al que debe producirse para responder a la demanda. En el desarrollo metodológico del mapa de estado futuro se establece que uno de los primeros pasos consiste en calcular el takt time, lo que muestra su papel como parámetro de partida para estructurar decisiones de mejora en el flujo (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

Desde el enfoque aplicado, se explica que producir respecto al takt implica usarlo como número de referencia del ritmo de producción, lo cual exige reducir o eliminar causas de interrupciones imprevistas y disminuir tiempos de cambio entre procesos. Esto significa que

el takt no se interpreta de manera aislada, sino en relación con la estabilidad operativa del sistema: si existen interrupciones frecuentes o cambios prolongados, el flujo tendrá dificultades para sostener el ritmo requerido (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

La utilidad diagnóstica del takt se evidencia en aplicaciones reportadas donde, con base en el análisis del tiempo takt, se detecta que una línea produce más rápido de lo que el cliente demanda, generando desperdicios como inventarios y transportes. Este ejemplo muestra que el takt permite identificar desajustes entre capacidad/ritmo del sistema y demanda real, evitando interpretar “producir más rápido” como sinónimo automático de mejor desempeño (Moreno Castillo et al., 2018).

En términos teóricos, el takt time aporta al VSM un criterio objetivo para vincular el flujo con la demanda del cliente, reforzando la orientación del análisis hacia el valor y no únicamente hacia la productividad local de cada proceso.

2.7.3 Tiempo de proceso, tiempo de ciclo y contenido de trabajo

Dentro del levantamiento del estado actual, el VSM incorpora variables temporales que permiten describir cuánto tarda cada etapa en transformar el producto y cómo se distribuye el tiempo dentro del sistema. Entre estas variables se menciona el tiempo de procesamiento como uno de los datos a levantar en el mapa actual, junto con otros indicadores operativos del proceso (Global Standards, 2023).

De forma complementaria, en la construcción del mapa actual se plantea contabilizar el contenido de trabajo en tiempo de la pieza, lo cual permite cuantificar la parte del tiempo directamente asociada a la transformación del producto dentro del flujo. Esta medición aporta una base para comparar el tiempo de trabajo efectivo frente al tiempo total consumido por el sistema desde materia prima hasta producto terminado (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

Aunque las fuentes consultadas distinguen el análisis temporal a través de la línea de tiempo (ver sección 2.5), la importancia de estos datos en 2.7 radica en que funcionan como indicadores de desempeño del proceso y del flujo. Es decir, el tiempo de proceso y el

contenido de trabajo no solo describen duración: permiten evaluar cuánto del tiempo total del sistema se utiliza en transformación y cuánto se consume en condiciones sin valor agregado.

2.7.4 Tiempos de cambio, tiempos muertos y utilización de equipos

El VSM integra variables que permiten diagnosticar pérdidas de desempeño asociadas a la operación de equipos y a la transición entre corridas o referencias. Entre los datos propuestos para el levantamiento del estado actual se encuentran el tiempo de cambio de línea, el tiempo muerto de equipos y el tiempo de uso de equipos (Global Standards, 2023).

Estas variables son particularmente importantes porque ayudan a explicar por qué el flujo no mantiene un ritmo estable, aun cuando la secuencia de procesos parezca correcta en el mapa. Los tiempos de cambio y los tiempos muertos afectan la continuidad del flujo, incrementan esperas y dificultan el cumplimiento del ritmo de producción requerido (takt). En consecuencia, su inclusión en la casilla de datos permite identificar restricciones operativas que deben considerarse en el diagnóstico y en el diseño del estado futuro (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

Además, el vínculo entre tiempos de cambio e interrupciones con el takt time refuerza la relevancia de estos indicadores: para producir al ritmo requerido por la demanda, no basta con conocer el takt; es necesario controlar las condiciones operativas que impiden sostener ese ritmo.

2.7.5 Tamaño de lotes e inventarios: indicadores de acumulación y desacoplamiento del flujo

El VSM también incorpora indicadores relacionados con la forma en que el producto se mueve y se acumula entre procesos. Entre los datos del estado actual se incluyen el tamaño de lotes y el inventario de producto, variables que permiten caracterizar la dinámica de acumulación dentro del flujo (Global Standards, 2023).

La importancia diagnóstica de estos indicadores se amplía cuando se considera el procedimiento de construcción del mapa actual que incluye dibujar el inventario acumulado,

contabilizarlo y registrar entregas al cliente y acopios del proveedor (frecuencia, tamaños de embalaje y volúmenes de entrega). Este conjunto de datos permite interpretar no solo cuánto inventario existe, sino también cómo las condiciones logísticas y de abastecimiento influyen en la acumulación y en el tiempo total del flujo (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

Desde el enfoque Lean, el inventario se relaciona con desperdicio cuando representa material acumulado sin transformación inmediata o sin correspondencia con la demanda. Por ello, en el VSM los inventarios y lotes no son simplemente “datos de control”; son indicadores que permiten evidenciar desacoplamientos entre procesos, sobreproducción potencial y tiempo sin valor agregado (Cabrera Calva, 2020).

2.7.6 Eficiencia y scrap/defectos como métricas de desempeño y pérdida

Dentro de la información a levantar para el estado actual se consideran la eficiencia y el scrap generado, lo que muestra que el VSM no se limita a tiempos y flujo físico, sino que también incorpora métricas de desempeño del proceso y de pérdida de calidad (Global Standards, 2023).

El scrap (o rechazo/merma) es especialmente relevante porque representa una pérdida directa de recursos y un indicador de ineficiencia en la transformación, afectando el desempeño del flujo en términos de tiempo, materiales y cumplimiento. Su registro en la casilla de datos permite localizar procesos con mayor impacto negativo y sustentar acciones de mejora orientadas tanto a calidad como a flujo.

Por su parte, la eficiencia funciona como una métrica de apoyo para interpretar el comportamiento de cada proceso, complementando datos de tiempo, cambios e inventario. En conjunto, eficiencia y scrap ayudan a construir una lectura más completa del estado actual, al relacionar continuidad del flujo con calidad y aprovechamiento de recursos.

2.7.7 Lead time / periodo de maduración y tiempo total del flujo

Un indicador clave para el diagnóstico del VSM es el tiempo total del flujo, expresado en la metodología consultada como periodo de maduración desde materia prima hasta producto

terminado. En la construcción detallada del mapa actual se plantea contabilizar este periodo y representarlo en la base del mapa (línea dentada), junto con el contenido de trabajo de la pieza (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

Este indicador es esencial porque permite cuantificar el tiempo que transcurre en el sistema completo, más allá de los tiempos de transformación de cada proceso. Así, el periodo de maduración integra el efecto de inventarios, esperas, abastecimientos y secuenciación, convirtiéndose en una referencia de alto valor para medir el impacto del rediseño del flujo.

La importancia de este indicador se complementa con la lógica de la línea de tiempo del VSM, que distingue tiempos asociados a actividades con valor y tiempos asociados a actividades sin valor agregado. Esta separación fortalece la interpretación del tiempo total del flujo y permite justificar mejoras orientadas a reducción de espera, inventario o transporte (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

2.7.8 Relación entre indicadores y desperdicios (muda): criterio para interpretar el desempeño

Los indicadores del VSM (takt, tiempos de proceso, cambios, tiempos muertos, lotes, inventarios, scrap, eficiencia, periodo de maduración) adquieren sentido analítico cuando se interpretan bajo el criterio de desperdicio/muda, definido como actividad que consume recursos sin agregar valor al producto (Global Standards, 2023).

Además, se dispone de clasificaciones de desperdicios que incluyen categorías como sobreproducción, espera, transporte, proceso inadecuado, inventarios innecesarios, movimientos y defectos, las cuales sirven como marco de referencia para leer el mapa y reconocer cómo se manifiestan las pérdidas dentro del flujo (Cabrera Calva, 2020).

De este modo, los indicadores no se utilizan solo para “medir por medir”, sino para vincular datos del flujo con categorías de desperdicio y, en consecuencia, orientar el diagnóstico hacia decisiones de mejora con base en evidencia.

2.7.9 Integración de métricas para el diagnóstico del estado actual

El valor del VSM como herramienta diagnóstica se consolida cuando las métricas se leen de forma integrada y no de manera aislada. Por ejemplo, el análisis del takt time se fortalece al relacionarlo con tiempos de cambio y tiempos muertos; el análisis de inventarios y lotes se vuelve más útil cuando se conecta con entregas/proveedores y con el periodo de maduración; y el scrap y la eficiencia aportan contexto al desempeño de cada proceso dentro del flujo total (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

Esta integración es coherente con la naturaleza del VSM como herramienta que representa materiales e información en una cadena “puerta a puerta” para identificar desperdicios y priorizar mejoras. En términos del marco teórico, ello justifica el uso del VSM en investigaciones aplicadas donde se requiere diagnosticar el desempeño del sistema completo y no únicamente de una operación local (Moreno Castillo et al., 2018).

2.8 Estado futuro en VSM: criterios de diseño y herramientas asociadas

2.8.1 Sentido del estado futuro dentro de la metodología VSM

Dentro de la metodología del VSM, el estado futuro constituye la fase de diseño de mejora del flujo, construida a partir del diagnóstico del estado actual. Su función no es elaborar una representación ideal sin fundamento, sino proponer una configuración del flujo que reduzca desperdicios y mejore el desempeño del sistema con base en la información recopilada en el mapeo actual. Esta lógica está presente en la metodología general del VSM, donde se establece la evaluación de la situación actual y la evaluación de la situación futura como etapas formales del proceso (Global Standards, 2023).

De forma complementaria, se señala que el mapeo de la cadena de valor permite representar gráficamente el estado actual y el estado futuro del sistema de producción, precisamente para facilitar la comprensión de actividades de desperdicio que deben eliminarse. En este sentido, el estado futuro se justifica como una respuesta técnica al análisis de mudas identificado en el estado actual (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

Por ello, en términos de marco teórico, el estado futuro debe entenderse como una fase de rediseño del flujo, sustentada en criterios Lean y orientada a cerrar la brecha entre el desempeño actual del sistema y el desempeño requerido por la demanda del cliente.

2.8.2 Criterios de diseño del estado futuro: eliminación de desperdicio y flujo orientado a valor

El diseño del estado futuro se construye bajo el principio de distinguir entre actividades que agregan valor y actividades que no agregan valor, con el propósito de reducir o eliminar desperdicios. Este criterio se deriva directamente del objetivo del VSM de mapear actividades para identificar valor en la cadena y mejorar procesos (Global Standards, 2023).

Asimismo, en la implementación del VSM se plantea que, después del análisis del estado actual, se realiza el análisis de mudas y desperdicios y se concluye con mapas de estado futuro. Esta secuencia confirma que el rediseño del flujo no se basa únicamente en intuición, sino en la identificación previa de pérdidas dentro del sistema (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

En este contexto, el estado futuro debe enfocarse en reorganizar el flujo para disminuir tiempos sin valor agregado, acumulaciones innecesarias y condiciones que afecten la continuidad del proceso, priorizando configuraciones que fortalezcan el flujo y la respuesta a la demanda.

2.8.3 Producción respecto al takt time como criterio rector del estado futuro

Uno de los criterios más importantes para el diseño del estado futuro es la producción respecto al takt time, ya que este indicador funciona como referencia del ritmo al que el sistema debería producir de acuerdo con la demanda. En las directrices de diseño del mapa futuro se establece explícitamente que producir al ritmo del takt es una condición central para estructurar el flujo (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

Se indica además que, para lograr producción respecto al takt, deben minimizarse causas de interrupciones imprevistas y reducirse los tiempos de cambio entre procesos, debido a que esas condiciones impiden sostener el ritmo requerido. Este planteamiento es teóricamente importante porque muestra que el estado futuro no se diseña solo con “cambios de layout” o

secuencia, sino con criterios de estabilidad y capacidad operativa (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

De manera complementaria, en otra guía de aplicación del VSM se plantea que el cálculo del takt time forma parte de los pasos iniciales para el desarrollo del mapa futuro, reforzando su papel como variable eje del rediseño del flujo (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

2.8.4 Directrices y preguntas para configurar el mapa de estado futuro

El desarrollo del estado futuro se presenta como un proceso que requiere análisis, determinación y persistencia, y que se apoya en directrices para orientar la configuración del nuevo flujo. Se menciona que el diseño del mapa futuro contempla pasos orientados a identificar actividades que agregan valor dentro del mapa actual, lo cual confirma que el rediseño parte del análisis del flujo existente (Global Standards, 2023).

En el desarrollo metodológico más detallado, el mapeo de la situación futura se describe como un proceso de responder una serie de preguntas para configurar el mapa futuro, apoyadas en directrices de Lean Manufacturing. Estas directrices buscan que cada proceso fabrique solo lo que el siguiente proceso necesita, en el momento en que lo necesita, promoviendo un flujo con menor periodo de maduración y menor costo, con calidad adecuada (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

Este enfoque tiene un valor teórico importante porque transforma el diseño del estado futuro en una actividad sistemática: no se trata de “dibujar mejoras”, sino de estructurar el flujo con base en preguntas guía y principios de coordinación entre procesos.

2.8.5 Orientación al flujo y coordinación entre procesos en el estado futuro

Las directrices de diseño del estado futuro apuntan a mejorar la coordinación entre procesos para que el flujo sea más continuo y menos dependiente de acumulaciones o sobreproducción. El planteamiento de que cada proceso produzca lo que el siguiente requiere (y cuando lo requiere) introduce un criterio de sincronización que busca reducir inventarios

intermedios y tiempos de espera (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

En términos de VSM, este criterio se vincula con la finalidad de reducir desperdicios como inventarios, transportes y esperas, identificados mediante el estado actual. Por ello, el estado futuro se entiende como una reconfiguración del sistema que busca alinear los procesos con la demanda y con una secuencia de suministro/producción más controlada (Moreno Castillo et al., 2018).

Este punto fortalece la conexión entre indicadores y diseño: el estado futuro no solo responde a los datos del estado actual, sino que propone una organización del flujo orientada a minimizar las causas de desperdicio detectadas.

2.8.6 Implementación del estado futuro: lazos/circuitos y priorización de acciones

El diseño del estado futuro requiere una estrategia de implementación realista. En la literatura revisada se plantea que la transición del estado actual al estado futuro debe ser planificada por el responsable del flujo de valor, con apoyo y seguimiento de la alta dirección, y que el mapa futuro puede dividirse en lazos (loops) o segmentos para facilitar la gestión de proyectos de mejora (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

Esta división por lazos o circuitos permite abordar la mejora del sistema por partes, priorizando intervenciones y evitando que la complejidad del flujo completo impida la ejecución. En el mismo sentido, otra fuente describe circuitos y pasos para la implementación del VSM, reforzando la idea de que la cadena completa puede gestionarse por segmentos conectados (Cabrera Calva, 2020).

Desde el marco teórico, esta aproximación es relevante porque incorpora una dimensión de gestión del cambio al VSM: además de diagnosticar y diseñar, el método contempla cómo ejecutar la transición al estado futuro de forma estructurada.

2.8.7 Plan de acciones de mejora y eventos Kaizen como soporte de implementación

La lógica del estado futuro se complementa con la necesidad de definir un plan de acciones para materializar las mejoras propuestas. En la descripción del VSM se menciona que la herramienta ayuda a comunicar ideas de mejora mediante un plan que prioriza esfuerzos de mejoramiento, lo que refuerza su valor no solo como mapa, sino como instrumento de gestión para la implementación (Cabrera Calva, 2020).

Asimismo, la literatura de implementación del VSM incorpora la idea de estructurar la transición en proyectos o eventos de mejora (Kaizen) dentro de circuitos/lazos del flujo, orientando la ejecución por prioridades y resultados esperados. Aunque el detalle de cada evento dependerá del caso de estudio, teóricamente esta práctica fortalece la trazabilidad entre: diagnóstico del estado actual - diseño del estado futuro - acciones concretas de implementación (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

En consecuencia, el estado futuro no debe considerarse concluido con el dibujo del mapa; su sentido metodológico se completa cuando se traduce en acciones de mejora con responsables, secuencia y seguimiento.

2.8.8 Alcance del estado futuro en el marco de una investigación aplicada

En una investigación aplicada, el estado futuro cumple la función de propuesta técnica de mejora sustentada en el diagnóstico del flujo de valor. Su formulación permite demostrar que la intervención no se basa en observaciones aisladas, sino en un análisis estructurado de materiales, información, tiempos, inventarios y desperdicios del sistema (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

Además, el uso del estado futuro como parte del VSM aporta una lógica comparativa (actual vs futuro) que facilita argumentar cómo las mejoras propuestas buscan reducir desperdicios, ajustar el flujo a la demanda y mejorar el desempeño global del proceso analizado (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

Este enfoque resulta especialmente pertinente cuando el VSM se adopta como herramienta principal para resolver problemas de flujo, ya que permite pasar de la identificación de causas a una propuesta de rediseño coherente y técnicamente sustentada.

2.9 Evidencia aplicada: VSM como diagnóstico y mejora (casos y resultados)

2.9.1 VSM como herramienta de diagnóstico en sistemas productivos

El VSM se utiliza como herramienta de diagnóstico porque permite evaluar el desempeño del sistema con base en el flujo real y en métricas que conectan la operación con la demanda del cliente. En una aplicación documentada en una línea de fabricación de productos lácteos, el análisis con VSM permitió identificar, con base en el tiempo takt, que la línea fabricaba dos veces más rápido de lo que el cliente demandaba, situación que derivaba en desperdicios asociados a inventarios y transportes. Además, se reportaron dificultades vinculadas a principios de comunicación y cultura de producción esbelta, y se plantearon alternativas de solución como salida del diagnóstico (Moreno Castillo et al., 2018).

Este tipo de evidencia es relevante en el marco teórico porque muestra que el VSM no se limita a describir etapas: su uso como diagnóstico permite interpretar desajustes entre demanda y operación (ritmo/velocidad de producción) y vincular dichos desajustes con desperdicios concretos (inventario, transporte), aportando una base para proponer mejoras.

2.9.2 Resultados típicos detectados mediante VSM: sobreproducción, inventarios, transportes y esperas

La evidencia aplicada muestra que el VSM permite revelar patrones de desperdicio recurrentes que afectan el flujo. El caso de la línea láctea citado previamente ilustra un patrón típico: cuando el sistema produce por encima del ritmo requerido, se generan acumulaciones e incrementos de movimientos que impactan el desempeño global (Moreno Castillo et al., 2018).

Asimismo, en un estudio aplicado en una empresa granelera internacional se documentó el uso del VSM para mapear el flujo mediante tres mapas: preliminar, estado actual y estado futuro ideal. En ese caso se reportan resultados cuantificados asociados a mejoras del flujo:

disminución del takt time por unidad de carga (de 0.92 a 0.72 minutos) y reducción del lead time de 2:54.26 a 0:41:57 horas promedio, indicando un alto nivel de optimización del flujo (Benitez López et al., 2023).

2.9.3 Enfoque “estado actual – estado futuro” como base de mejora estructurada

El VSM se caracteriza por construir un diagnóstico del estado actual y, con base en éste, proponer un estado futuro. Esta lógica se refleja en estudios que incluyen de forma explícita el diseño del VSM actual y la propuesta de un VSM futuro con alternativas de mejora según deficiencias detectadas en el proceso, como ocurre en una aplicación en el sector aeronáutico enfocada a optimizar procesos de mecanizado y operaciones asociadas (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

Desde un punto de vista teórico, esto sustenta que la mejora no se plantea como un conjunto de acciones aisladas, sino como una reconfiguración del flujo con un estado objetivo (futuro) derivado directamente de lo que se observa y mide en el estado actual.

2.9.4 Factores humanos y organizacionales: comunicación, cultura y adopción de Lean

Además de los hallazgos técnicos, se ha reportado que la aplicación del VSM puede revelar obstáculos relacionados con principios organizacionales. En la aplicación del VSM en la línea láctea se reportaron dificultades asociadas a comunicación y cultura de producción esbelta (Moreno Castillo et al., 2018).

Este elemento es importante en el marco teórico porque permite sostener que el VSM, además de herramienta de diagnóstico del flujo, sirve como instrumento de alineación: el mapa vuelve visible el sistema y facilita conversaciones sobre problemas y mejoras, pero su efectividad en implementación puede depender de factores de coordinación y cultura.

2.9.5 VSM en la literatura: aporte general y necesidad de aplicar por sector

En una revisión sobre el potencial del VSM como herramienta Lean en industrias manufactureras, se plantea que los estudios sobre VSM son importantes para el desarrollo del conocimiento Lean debido a que los sectores presentan diferencias importantes en sus procesos; por ello, es relevante estudiar e implementar el VSM con enfoque contextualizado (Khan et al., 2020).

2.9.6 Síntesis de la evidencia aplicada para sustentar su uso en la investigación

La evidencia consultada permite sostener que el VSM:

- Funciona como diagnóstico al revelar desajustes entre demanda y operación (takt) y su manifestación en desperdicios (inventarios, transportes).
- Permite estructurar mejoras mediante mapas de estado actual y futuro, acompañadas por resultados medibles (takt/lead time).
- Su aplicación tiene dimensión técnica y organizacional (comunicación/cultura), lo cual debe considerarse al pasar del diseño del estado futuro a la implementación.

(Moreno Castillo et al., 2018).

2.10 Síntesis del marco teórico y conexión con la investigación

2.10.1 Síntesis de conceptos: de la gestión por procesos al análisis del flujo de valor

El marco teórico parte de la gestión por procesos como enfoque para comprender el funcionamiento organizacional mediante actividades interrelacionadas que transforman entradas en resultados, requiriendo recursos para producir un resultado previsto. Esta visión permite ubicar el desempeño como consecuencia del sistema de procesos y no como efecto aislado de una sola actividad (Pardo J.M., 2012).

A partir de este fundamento, el mapeo de procesos se presenta como herramienta de representación útil para describir actividades con símbolos, mostrar secuencias, interacción cliente–proveedor e identificar insumos y productos; además, se concibe como un documento vivo que se actualiza y mejora con la práctica. Esto sustenta que la representación es necesaria

para comprender y estandarizar, pero también que su utilidad depende de reflejar la operación real (UNAM, 2022).

Sin embargo, para diagnosticar desempeño del sistema “de extremo a extremo” se requiere un enfoque que vaya más allá del mapa de actividades y que integre la secuencia completa de lo que el cliente valora, incluyendo materiales, información y procesos a lo largo del flujo “puerta a puerta”(Cabrera Calva, 2020).

2.10.2 Justificación del VSM como herramienta principal para resolver el problema
El VSM se justifica como herramienta principal porque el mapa de flujo de valor representa gráficamente los procesos por los que pasa un producto desde la adquisición de materia prima hasta su llegada al consumidor final. Este alcance integral convierte al VSM en una herramienta adecuada para estudios donde el problema se expresa como desempeño del flujo completo (tiempo, inventarios, movimientos, esperas o entrega) (Global Standards, 2023).

La finalidad del VSM se orienta a mapear actividades e identificar aquellas que agregan valor a lo largo de la cadena, con el objetivo de mejorar procesos y desarrollar ventaja competitiva. En este contexto, el criterio para el análisis se apoya en el concepto de desperdicio o muda, definido como toda actividad que consume recursos sin agregar valor al producto. Así, el VSM aporta un fundamento objetivo para distinguir condiciones del flujo que deben reducirse o eliminarse (Global Standards, 2023).

Además, el VSM se describe como una técnica Lean que permite ver y entender un proceso e identificar desperdicios, facilitando un lenguaje común entre usuarios y la comunicación de ideas de mejora mediante un plan que prioriza esfuerzos. Esta característica es especialmente relevante para resolver problemas que requieren coordinación entre áreas, ya que el mapa se convierte en una base compartida para diagnosticar y acordar acciones (Cabrera Calva, 2020).

Finalmente, la evidencia aplicada respalda su pertinencia como herramienta diagnóstica: se reporta un caso donde, con base en el tiempo takt, se identificó que una línea producía por encima de la demanda, generando desperdicios de inventario y transporte, además de dificultades de comunicación/cultura Lean. Esto demuestra que el VSM permite relacionar

indicadores con desperdicios concretos y con necesidades de intervención (Moreno Castillo et al., 2018).

2.10.3 Conexión del marco teórico con la metodología del estudio (cómo se aplicará el VSM)

El marco teórico sostiene una lógica metodológica donde el VSM se aplica mediante etapas: elección del equipo, elección de familia de productos, evaluación de la situación actual y evaluación de la situación futura. Esta estructura guía el proceso de estudio y proporciona orden para pasar del diagnóstico a la propuesta (Global Standards, 2023).

En particular, se establece la necesidad de delimitar por familia de productos, ya que mapear todos los productos incrementa complejidad y riesgo de error; además, se define la familia como productos con pasos similares de proceso, equipos comunes y cargas de trabajo aproximadas. Esto justifica que el estudio se enfoque en un flujo representativo y comparable (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

La construcción del estado actual requiere levantamiento de datos del proceso y la representación gráfica del flujo mediante proveedor–cliente, procesos, casillas de datos, inventarios, flujos de material y una línea de tiempo. Para fortalecer el diagnóstico se registran variables operativas como tiempo de procesamiento, tiempo de cambio de línea, tiempos muertos, uso de equipos, tamaño de lotes, inventario, scrap y eficiencia (Global Standards, 2023).

Asimismo, se plantea que la elaboración detallada del mapa actual contempla cuantificar inventario acumulado, registrar entregas al cliente y acopios del proveedor, graficar el flujo de información y contabilizar el contenido de trabajo y el periodo de maduración desde materia prima hasta producto terminado, representándolo como una línea dentada en la base del mapa. Esto sostiene que la metodología del estudio se apoyará en datos del flujo y no únicamente en descripción (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

Con base en este diagnóstico, el diseño del estado futuro se orienta por directrices que incluyen producir respecto al takt time como referencia del ritmo requerido por la demanda,

así como la necesidad de reducir interrupciones imprevistas y tiempos de cambio para poder sostener dicho ritmo (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

Finalmente, la transición del estado actual al futuro se gestiona mediante un plan de trabajo, recomendándose dividir la implementación en lazos/circuitos para gestionar proyectos de mejora de forma progresiva, con seguimiento de la dirección y priorización de acciones (Sánchez Barros Luis Alberto & Moreno Beltrán Antonio Plácido, 2023).

2.10.4 Conclusión del capítulo: aportación del marco teórico al planteamiento del problema

El marco teórico establece que la gestión por procesos y la representación mediante mapeo permiten comprender y estandarizar el trabajo; sin embargo, el análisis del desempeño del sistema exige una herramienta con alcance “puerta a puerta” que integre materiales e información y que distinga valor y desperdicio. En este sentido, el VSM se posiciona como herramienta central para resolver problemas de flujo, al permitir construir un mapa del estado actual sustentado en datos, identificar desperdicios (muda) y diseñar un estado futuro guiado por indicadores como takt time y por directrices de implementación estructurada (García Cantó Mónica & Amador Gandía Antonio, 2019).

CAPITULO 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y ELABORACIÓN DEL MAPA DE FLUJO DE VALOR ACTUAL

3.1 Introducción del capítulo

3.1.1 Propósito del capítulo

El presente capítulo tiene como finalidad analizar el estado actual del proceso de manufactura correspondiente al ensamble de manguera con válvula de purga, a partir de información técnica proporcionada por la empresa y de datos obtenidos mediante levantamiento directo en planta. El enfoque del análisis se orienta a la construcción del Mapa de Flujo de Valor (Value Stream Mapping, VSM) del estado actual, con el propósito de identificar de manera integral la condición operativa de la línea, el comportamiento del flujo de materiales, la interacción del flujo de información, la capacidad real del sistema y las principales restricciones que afectan su desempeño.

El desarrollo de este capítulo constituye una etapa fundamental dentro de la investigación, ya que permite establecer una base objetiva para la identificación del problema y para la posterior formulación de propuestas de mejora. En este sentido, el análisis no se limita a describir las operaciones que integran el proceso, sino que incorpora variables de desempeño tales como demanda, tiempo disponible, tiempo takt, tiempos de ciclo, inventarios en proceso, capacidad por operación y tiempos de espera. A partir de dichas variables es posible representar el flujo actual de la línea y determinar si la configuración existente es capaz de responder a los requerimientos de producción establecidos por el cliente.

Asimismo, este capítulo busca evidenciar la relación existente entre la estructura operativa del proceso y el cumplimiento de la demanda, poniendo especial atención en aquellas operaciones que, por su tiempo de ejecución o por la acumulación de material asociada a ellas, afectan la continuidad del flujo. Desde esta perspectiva, el VSM no se utiliza únicamente como una herramienta gráfica, sino como un instrumento de diagnóstico que permite traducir el comportamiento del sistema productivo en datos cuantificables y comparables.

3.1.2 Alcance del análisis

El análisis desarrollado en este capítulo comprende el proceso actual de producción del ensamble de manguera con válvula de purga, desde la recepción e inspección de materiales hasta el empaque del producto terminado. Por tanto, el alcance considera tanto las operaciones de transformación y ensamble como las actividades de inspección, validación funcional y preparación para embarque, integrando en una sola secuencia el flujo completo de la familia de producto seleccionada. Esta delimitación permite centrar el estudio en una ruta de fabricación específica, claramente identificada y representativa del problema bajo análisis.

De manera particular, el alcance del capítulo considera los siguientes elementos: la caracterización técnica del producto, la descripción detallada del sistema de producción actual, el análisis de las variables de planeación y operación, la determinación de parámetros necesarios para el VSM del estado actual y la identificación de la principal restricción del sistema. En consecuencia, no se aborda aún la etapa de rediseño del flujo ni la formulación detallada del estado futuro, ya que dichos aspectos corresponden al capítulo posterior de propuesta de mejora.

Es importante señalar que el estudio se enfoca en una línea de manufactura automotriz con una secuencia definida de trece operaciones, en la cual participan componentes como válvula de purga, conector rápido, manguera, abrazaderas, recubrimiento protector tipo Techflex, bujes de goma y abrazaderas de montaje. La configuración actual, el número de operadores por proceso, el tamaño de lote y la demanda requerida permiten establecer un escenario de análisis suficientemente robusto para diagnosticar el comportamiento del sistema productivo.

3.1.3 Metodología empleada para el levantamiento de información

Para el desarrollo del presente capítulo se empleó una metodología de análisis del proceso basada en tres fuentes principales de información: documentación técnica proporcionada por la empresa, observación directa en planta y levantamiento de datos durante la visita técnica a la línea de producción. La combinación de estas fuentes permitió construir una visión integral del proceso, no solo desde la perspectiva documental, sino también desde su comportamiento real en piso de producción.

En una primera etapa se revisó la información base del producto y del proceso, la cual incluyó la identificación de componentes, la secuencia general de operaciones, las condiciones de trabajo de la línea, el tamaño de lote, la demanda mensual, el tiempo disponible por turno y los tiempos de ciclo de cada operación. Esta información permitió establecer la estructura inicial del análisis y sirvió como referencia para la validación posterior en planta.

Posteriormente, durante la visita técnica, se realizó el seguimiento del flujo del producto a lo largo de la línea, verificando la secuencia real de operaciones, la naturaleza manual o asistida de cada proceso, los puntos de acumulación de material, el modo de interacción entre estaciones y la lógica general del ensamble. El levantamiento efectuado en piso resultó indispensable para consolidar una interpretación técnica del flujo actual y para contextualizar la información proporcionada por la empresa dentro de la operación real de manufactura.

Una vez integrada la información documental y la observación directa, se procedió a calcular las variables clave para la elaboración del VSM del estado actual. Entre dichas variables destacan el tiempo disponible de producción, la demanda diaria, el tiempo takt, la capacidad por operación, el tiempo total de proceso y la relación entre tiempo de valor agregado y tiempo total de flujo. La metodología seguida permite, por tanto, estructurar el análisis del proceso de forma técnica, cuantitativa y orientada a la identificación de oportunidades de mejora.

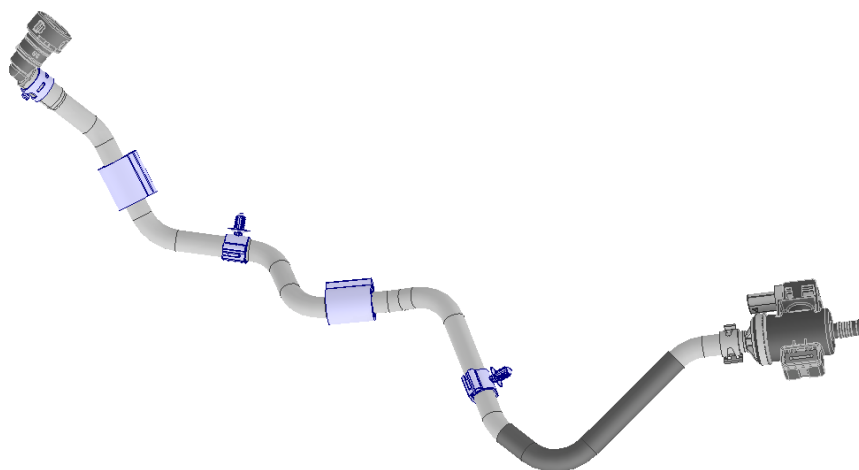
3.2 Caracterización técnica del producto

3.2.1 Función del ensamble dentro del sistema automotriz

El producto objeto de estudio corresponde a un ensamble de manguera con válvula de purga, utilizado dentro de un sistema automotriz en el que se requiere la conducción y control de flujo entre distintos componentes del vehículo. Desde el punto de vista funcional, este tipo de ensamble cumple la tarea de interconectar elementos del sistema mediante un conjunto flexible, resistente y geométricamente adaptado al espacio de instalación, permitiendo al mismo tiempo un acoplamiento seguro, la sujeción mecánica del conjunto y la conservación de condiciones adecuadas de sellado.

La presencia de una válvula de purga y de un conector rápido dentro del conjunto indica que no se trata únicamente de una manguera de conducción simple, sino de un ensamble funcional que debe satisfacer simultáneamente requerimientos de flujo, hermeticidad, resistencia mecánica, trazabilidad y fijación estructural. Por esta razón, el producto debe fabricarse bajo un control preciso de variables dimensionales y de ensamble, ya que pequeñas desviaciones en la longitud, en la geometría o en la posición de los componentes pueden comprometer la instalación del conjunto en el vehículo o su desempeño en servicio.

Adicionalmente, el producto presenta una configuración geométrica no lineal, donde se aprecia una trayectoria curvada de la manguera y la ubicación específica de elementos de fijación y protección. Esta condición incrementa la importancia de las operaciones de corte, formado, ensamble y posicionamiento de componentes, ya que el producto final debe cumplir no solo con una función de conducción, sino también con restricciones de instalación, soporte y compatibilidad dimensional.



Fuente: Diseño de cliente

3.2.2 Descripción técnica de los componentes del ensamble

Con base en la información técnica proporcionada por la empresa, el ensamble está integrado por siete componentes principales: válvula de purga, conector rápido de línea de combustible, manguera de combustible, abrazaderas de banda elástica, recubrimiento protector tipo Techflex, bujes de goma y abrazaderas de montaje. La combinación de estos elementos da

lugar a un conjunto funcional en el que cada componente cumple un rol específico dentro del desempeño final del producto.

La válvula de purga constituye uno de los elementos funcionales principales del ensamble. Su función dentro del conjunto consiste en integrarse como componente terminal, por lo que su correcta inserción, orientación y fijación son críticas para el desempeño del producto. La unión de esta válvula con la manguera requiere una sujeción confiable y una adecuada profundidad de ensamble, condiciones que se controlan durante el proceso mediante la colocación de abrazaderas y la posterior prueba de fuga.

El conector rápido de línea de combustible es el segundo componente terminal del ensamble. Su diseño permite una conexión eficiente y segura con el sistema donde será instalado el producto final. Debido a su naturaleza funcional, este componente exige un ensamble preciso, especialmente en términos de alineación, inserción y retención. El hecho de que la línea contemple una operación específica para su montaje, con el mayor tiempo de ciclo del proceso actual, evidencia su relevancia técnica dentro del conjunto.

La manguera de combustible constituye el cuerpo principal del ensamble y actúa como medio flexible de conducción y enlace entre los componentes terminales. Sus características geométricas y dimensionales son determinantes, ya que sobre ella se realizan múltiples operaciones: corte, formado, colocación de Techflex, colocación de abrazaderas, integración de componentes terminales y montaje de elementos de fijación. En consecuencia, la manguera no solo cumple una función de conducción, sino que también sirve como base estructural del ensamble.

Las abrazaderas de banda elástica, presentes en cantidad de dos piezas por ensamble, tienen la función de asegurar mecánicamente las uniones entre la manguera y los componentes terminales. Su colocación previa y posterior posicionamiento constituyen una parte esencial del proceso, ya que una abrazadera mal ubicada puede comprometer la retención del componente o la hermeticidad de la unión. Debido a ello, su presencia influye directamente en la calidad y confiabilidad del producto terminado.

El recubrimiento protector tipo Techflex cumple una función de protección superficial. Su incorporación sobre la manguera permite reducir el riesgo de abrasión, fricción o daño

mecánico durante la manipulación, instalación y operación del conjunto. Desde el punto de vista del proceso, este componente debe colocarse antes del ensamble de extremos, de modo que pueda ser posicionado correctamente sobre el cuerpo de la manguera sin interferir con los terminales o con los elementos de sujeción.

Los bujes de goma, también en cantidad de dos por ensamble, cumplen una función de soporte y aislamiento. Al integrarse con las abrazaderas de montaje, estos elementos favorecen la correcta fijación del conjunto y contribuyen a amortiguar vibraciones o movimientos relativos entre el ensamble y la estructura de instalación. Debido a esta función, la correcta inserción del buje resulta relevante tanto para la integridad mecánica como para el comportamiento del producto en servicio.

Finalmente, las abrazaderas de montaje constituyen los puntos físicos de fijación del ensamble dentro de la aplicación vehicular. Su posición debe mantenerse conforme a las referencias dimensionales del diseño, ya que una desviación puede afectar el montaje del producto final. Por ello, estas abrazaderas no deben entenderse como accesorios secundarios, sino como elementos funcionales que aseguran la integración adecuada del ensamble al sistema donde será instalado.

Tabla 3.1. Componentes del ensamble y función técnica

Componentes del ensamble y función técnica		
Componente	Cantidad por ensamble	Función técnica principal
Válvula de purga	1	Integrar el elemento funcional terminal del conjunto y permitir el control del flujo correspondiente al sistema
Conector rápido línea de combustible	1	Generar una interfaz de conexión segura y precisa con el sistema automotriz
Manguera de combustible	1	Servir como cuerpo flexible del ensamble y medio de conducción entre componentes

Abrazadera de banda elástica	2	Asegurar la sujeción mecánica de las uniones en los extremos
Techflex	1	Proteger la superficie de la manguera contra abrasión y daño por manipulación
Buje de goma	2	Proporcionar soporte, aislamiento y amortiguamiento en los puntos de fijación
Abrazadera de montaje	2	Permitir la fijación del ensamble dentro de la aplicación final

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

3.2.3 Requerimientos funcionales y características críticas del producto

Desde la perspectiva de manufactura, el ensamble de manguera con válvula de purga presenta un conjunto de requerimientos funcionales que condicionan tanto el diseño del proceso como los controles aplicados durante la producción. Entre los requerimientos más importantes se encuentran la correcta longitud de la manguera, la conformación geométrica de acuerdo con el diseño del producto, la adecuada protección superficial, la correcta fijación de componentes terminales, la ubicación precisa de los elementos de montaje, la trazabilidad individual del ensamble y la ausencia de fugas en las uniones.

En términos técnicos, las características críticas del producto pueden clasificarse en tres grupos. El primero corresponde a las características dimensionales y geométricas, donde destacan la longitud de corte, la geometría final del formado y la posición relativa de las abrazaderas de montaje. El segundo grupo corresponde a las características de ensamble y fijación, tales como la profundidad de inserción de la válvula de purga y del conector rápido, la ubicación y ajuste de abrazaderas, y la correcta inserción del buje de goma. El tercer grupo corresponde a las características de aseguramiento de calidad, entre las que sobresalen la identificación del producto mediante etiqueta y la conformidad en la prueba de fuga o hermeticidad.

La existencia de una operación específica de inspección final y una operación posterior de prueba de fuga confirma que el proceso actual está diseñado no solo para ensamblar componentes, sino también para validar la conformidad funcional del producto antes de su liberación. Esto implica que la calidad del ensamble no depende exclusivamente de una

inspección al final de la línea, sino de la correcta ejecución acumulada de cada una de las operaciones previas. Por ello, cualquier variación introducida en etapas tempranas, como corte, formado o ensamble de extremos, puede manifestarse posteriormente como defecto geométrico, problema de fijación o falla de hermeticidad.

Tabla 3.2. Características técnicas críticas del producto

Características técnicas críticas del producto		
Característica crítica	Operación relacionada	Impacto sobre el producto
Longitud de la manguera	Corte	Afecta geometría final y posición de componentes
Geometría del ensamble	Formado	Determina adaptación e instalación del conjunto
Posición del Techflex	Colocación de Techflex	Influye en protección superficial del producto
Posición de abrazaderas	Colocación de abrazaderas / ensamble de extremos	Afecta sujeción mecánica y calidad del ensamble
Profundidad de inserción de válvula	Ensamble de válvula de purga	Incide en fijación y funcionamiento
Profundidad de inserción del conector rápido	Ensamble de conector rápido	Incide en retención, alineación y desempeño
Posición de abrazaderas de montaje	Colocación de abrazaderas de montaje	Afecta la fijación del producto en la aplicación final
Inserción de buje de goma	Colocación de buje	Influye en soporte y aislamiento
Trazabilidad	Colocación de etiqueta	Permite identificación y control del producto

Hermeticidad	Prueba de fuga	Determina la liberación del producto terminado
--------------	----------------	--

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

3.2.4 Relación entre diseño del producto y complejidad del proceso

La estructura del producto influye directamente en la complejidad del proceso de manufactura. A diferencia de un componente simple de una sola operación, el ensamble analizado requiere una combinación ordenada de actividades de preparación, transformación, integración, validación y aseguramiento de calidad. La presencia de componentes terminales, elementos de protección, piezas de fijación y criterios de hermeticidad hace que el proceso de producción deba ejecutarse con una secuencia técnicamente controlada, donde cada operación prepara las condiciones necesarias para la siguiente.

Por ejemplo, la colocación del Techflex y de las abrazaderas de banda elástica debe realizarse antes del ensamble de los extremos, debido a que una vez montados la válvula de purga y el conector rápido ya no sería posible insertar dichos elementos sin desmontar el conjunto. De igual manera, la prueba de fuga solo puede ejecutarse cuando el ensamble se encuentra completamente integrado y visualmente validado. Esta dependencia secuencial entre operaciones confirma que el proceso actual no puede analizarse únicamente desde la suma de tiempos, sino desde la lógica técnica de integración del producto.

La complejidad operativa también se incrementa por la coexistencia de operaciones manuales y operaciones con apoyo de maquinaria. Mientras que el corte, el formado, la inserción del buje y la prueba de hermeticidad dependen de equipo o dispositivos específicos, otras actividades como la colocación de Techflex, abrazaderas, etiqueta y componentes terminales requieren destreza manual, repetibilidad y control visual por parte del operador. Esta combinación de recursos vuelve especialmente relevante el análisis de la línea mediante VSM, ya que permite observar cómo la variabilidad y el tiempo de ejecución de cada etapa repercuten en el flujo total del proceso.

3.2.5 Síntesis técnica del producto analizado

En síntesis, el ensamble de manguera con válvula de purga puede definirse como un producto automotriz de configuración flexible, compuesto por un cuerpo principal de manguera y por componentes terminales, de protección y de fijación que deben integrarse bajo criterios de geometría, sujeción, trazabilidad y hermeticidad. Desde el punto de vista de manufactura, se trata de un ensamble que demanda control dimensional, precisión en el posicionamiento de componentes y verificación funcional al final de la línea. Estas características explican la existencia de una ruta de proceso relativamente extensa y justifican la necesidad de analizar detalladamente el estado actual del flujo productivo.

La comprensión técnica del producto es indispensable para interpretar correctamente el proceso, ya que cada operación tiene sentido en función de una necesidad funcional del ensamble. Por ello, antes de abordar el cálculo de tiempos, capacidades e inventarios del VSM actual, resulta necesario comprender qué es el producto, cómo está constituido y cuáles son las variables críticas que deben conservarse durante su fabricación. Esta base técnica servirá como punto de partida para la descripción del sistema de producción actual y para el posterior planteamiento del problema de investigación

3.3 Descripción general del sistema de producción actual

3.3.1 Configuración general de la línea

El sistema de producción analizado corresponde a una línea de ensamble automotriz destinada a la fabricación de una manguera con válvula de purga, integrada por una secuencia definida de operaciones que abarcan desde la recepción e inspección de materiales hasta el empaque del producto terminado. De acuerdo con la información técnica proporcionada por la empresa, el flujo actual está conformado por trece operaciones consecutivas, en las cuales intervienen actividades manuales, operaciones con apoyo de maquinaria y etapas de validación del producto. Esta configuración permite observar un proceso de manufactura con una estructura secuencial claramente definida, en la que cada operación prepara las condiciones necesarias para la siguiente etapa del ensamble.

Desde el punto de vista operativo, la línea presenta una combinación de procesos de transformación física del material, integración de componentes, control visual y verificación

funcional. Las operaciones iniciales están orientadas a preparar la manguera como elemento base del ensamble, mientras que las etapas intermedias se enfocan en la incorporación de los componentes terminales y de fijación. Finalmente, las operaciones terminales de inspección, prueba de fuga y empaque aseguran la conformidad funcional del producto antes de su liberación. Esta distribución evidencia que la línea no se compone únicamente de actividades de ensamble manual, sino de una combinación de tareas con distintos niveles de criticidad técnica y de impacto sobre la calidad final del producto.

La disposición secuencial del proceso también permite identificar una relación directa entre la complejidad del producto y la estructura del flujo. El ensamble requiere control dimensional en la manguera, incorporación precisa de elementos de protección y fijación, montaje seguro de componentes terminales y validación de hermeticidad, por lo que la línea debe mantener una secuencia estable y técnicamente congruente. Bajo esta lógica, el análisis del sistema de producción actual no puede limitarse a la enumeración de actividades, sino que debe abordar la interacción entre tiempos, recursos, inventarios y restricciones operativas dentro del flujo completo.

Tabla 3.3. Secuencia general del proceso actual

Secuencia general del proceso actual			
Numero	Operación	Tipo de operación	Tiempo de ciclo (CT) segundos
1	Recepción e inspección de materiales	Manual	20
2	Corte de manguera	Hombre-Maquina	12
3	Formado de manguera	Hombre-Maquina	18
4	Colocación de Techflex	Manual	10
5	Colocación de abrazaderas de banda elástica	Manual	15
6	Ensamble de válvula de purga	Manual	55
7	Ensamble de conector rápido	Manual	110
8	Colocación de abrazaderas de montaje	Manual	25

9	Colocación de buje de goma	Hombre-Maquina	35
10	Colocación de etiqueta	Manual	15
11	Inspección final	Manual	20
12	Prueba de fuga o hermeticidad	Hombre-Maquina	40
13	Empaque	Manual	10

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

3.3.2 Recursos productivos involucrados

La línea de producción estudiada opera con recursos humanos, materiales y tecnológicos que interactúan de forma directa para transformar los componentes individuales en un ensamble funcional terminado. En primer lugar, destaca la participación de mano de obra directa, ya que la empresa establece una asignación de un operador por operación, lo que permite inferir una estructura de trabajo en la que la mayoría de las actividades dependen de intervención manual o de manipulación directa del producto. Esta condición tiene implicaciones relevantes sobre la variabilidad del proceso, la repetibilidad de ciertas operaciones y el balance general de la línea.

En segundo término, la línea involucra equipo y herramental para operaciones específicas. El corte de la manguera requiere un medio de corte controlado que garantice longitud y acabado adecuados; el formado depende de dispositivos o herramientas que permitan reproducir la geometría del diseño; la colocación del buje de goma se apoya en asistencia mecánica para asegurar su correcta inserción; y la prueba de fuga demanda un sistema de validación funcional capaz de verificar la ausencia de pérdidas en el ensamble. La coexistencia de operaciones manuales y con maquinaria confirma que el proceso tiene un carácter mixto, en el cual la eficiencia no depende únicamente de la velocidad de los operadores, sino también del desempeño y disponibilidad de los equipos involucrados.

Desde la perspectiva de materiales, el proceso utiliza una combinación de componentes funcionales, de fijación, de protección y de trazabilidad. Entre ellos destacan la válvula de purga, el conector rápido, la manguera, las abrazaderas de banda elástica, el recubrimiento protector tipo Techflex, el buje de goma y las abrazaderas de montaje. A estos elementos se

suma la etiqueta de identificación, la cual, aunque no aparece integrada en la tabla inicial de materiales, sí se considera dentro de la secuencia operativa del proceso al existir una operación específica para su colocación. Esta observación confirma que el sistema productivo incorpora tanto componentes físicos del ensamble como elementos de control asociados a la trazabilidad del producto.

Adicionalmente, la línea requiere recursos de soporte para la administración del flujo, tales como abastecimiento interno de materiales, control de órdenes de producción, manejo de producto en proceso y liberación de producto terminado. Aunque estas actividades no siempre se representen como operaciones de transformación, forman parte del comportamiento global del sistema y son esenciales para entender el flujo de información y de materiales dentro del VSM actual.

Tabla 3.4. Recursos productivos de la línea

Recursos productivos de la línea		
Categoría	Recurso principal	Función dentro del proceso
Recurso humano	Operadores directos	Ejecutar operaciones manuales y supervisar actividades asistidas
Equipo de proceso	Equipo de corte	Garantizar longitud de manguera conforme a especificación
Equipo de proceso	Herramental/dispositivo de formado	Obtener geometría requerida del ensamble
Equipo de proceso	Apoyo mecánico de inserción	Facilitar colocación del buje de goma
Equipo de prueba	Banco o equipo de hermeticidad	Verificar ausencia de fugas en el ensamble
Material base	Manguera de combustible	Servir como cuerpo principal del producto
Componente funcional	Válvula de purga	Integrar elemento terminal funcional

Componente funcional	Conector rápido	Permitir interfaz de conexión del sistema
Componente de fijación	Abrazaderas y abrazaderas de montaje	Asegurar uniones y fijación estructural
Componente de protección	Techflex	Proteger la manguera contra abrasión
Componente de soporte	Buje de goma	Aportar soporte y aislamiento
Elemento de control	Etiqueta	Asegurar trazabilidad del producto

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

3.3.3 Variables operativas y de planeación de la línea

Las condiciones operativas de la línea permiten definir el marco de análisis para el VSM actual. De acuerdo con la información proporcionada por la empresa, la producción se desarrolla bajo una jornada laboral de 10 horas, con 1 hora destinada a almuerzo, lo que genera un tiempo neto disponible de 9 horas por día. La operación se realiza bajo un esquema de un turno diario y 22 días hábiles por mes, con una demanda mensual de 8,000 piezas y un lote de producción de 500 piezas. Estos datos son fundamentales porque establecen la relación entre la carga requerida por el cliente y la capacidad temporal del sistema productivo.

A partir de estas variables es posible determinar la demanda diaria y el tiempo takt de la línea. La demanda diaria se calcula dividiendo la demanda mensual entre el número de días hábiles del periodo:

$$D_d = \frac{D_m}{D_h}$$

Sustituyendo valores:

$$D_d = \frac{8000}{22} = 363.64 = 364 \text{ piezas/día}$$

Por su parte, el tiempo disponible diario queda determinado por:

$$T_d = (10 - 1) * 3600 = 32,400 \text{ segundos/día}$$

Con ambos parámetros, el tiempo takt se obtiene mediante la expresión:

$$Takt = \frac{T_d}{D_d}$$

$$Takt = \frac{32,400}{364} = 89.01 \text{ segundos/pieza} = 90 \text{ segundos/pieza}$$

Este resultado indica que, para cumplir con la demanda del cliente, la línea debería ser capaz de liberar una pieza terminada aproximadamente cada 90 segundos.

Tabla 3.5. Variables operativas de la línea

Variables operativas de la línea		
Variable	Valor	Unidad
Jornada laboral	10	hora
Tiempo de comida	1	hora
Tiempo disponible neto	9	hora/día
Tiempo disponible neto	540	minutos/día
Tiempo disponible neto	32,400	segundos/día
Número de turnos	1	turno/día
Días hábiles por mes	22	días
Demanda mensual	8,000	piezas
Demanda diaria	364	piezas/día
Tiempo takt	90	segundos/día
Tamaño de lote	500	piezas

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

Más allá de su función de planeación, estas variables son determinantes para evaluar la condición del sistema actual. El tiempo takt constituye el parámetro de referencia contra el cual deben compararse los tiempos de ciclo de cada operación. En el caso de la línea analizada, la comparación preliminar muestra que no todas las operaciones se encuentran alineadas con el ritmo requerido por la demanda, lo que anticipa la existencia de una restricción operativa que deberá ser confirmada mediante el análisis de capacidad y la construcción del VSM actual.

3.3.4 Clasificación operativa del proceso

Desde el punto de vista técnico, la línea presenta una predominancia de operaciones manuales, complementadas con actividades de maquinaria en puntos específicos del proceso. Esta distribución es importante porque influye directamente sobre la naturaleza de la variabilidad operativa y sobre la forma en que deben interpretarse los tiempos de ciclo.

Las operaciones de recepción e inspección de materiales, colocación de Techflex, colocación de abrazaderas, ensamble de componentes terminales, colocación de etiqueta, inspección final y empaque responden principalmente a actividades manuales, donde la destreza del operador, la repetibilidad del método y la ergonomía del puesto de trabajo pueden impactar de manera significativa el desempeño. En contraste, las operaciones de corte de manguera, formado de manguera, colocación del buje de goma y prueba de fuga dependen de equipo o apoyo mecánico, lo que introduce consideraciones adicionales relacionadas con disponibilidad, mantenimiento, tiempo de preparación y capacidad del equipo.

Tabla 3.6. Clasificación del proceso por tipo de operación

Tipo de operación	Cantidad de operaciones	Participación en el flujo
Manual	9	Integración, posicionamiento, inspección y empaque
Maquinaria / apoyo mecánico	4	Transformación dimensional, inserción asistida y validación funcional

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

La clasificación anterior demuestra que el sistema actual posee una dependencia importante de operaciones manuales, situación que resulta relevante para el análisis de productividad, balance de línea y oportunidades de mejora.

3.3.5 Relación entre secuencia operativa y comportamiento del flujo

La configuración actual del sistema muestra una secuencia lógica, técnicamente obligada por las características del producto. En etapas tempranas, la manguera debe ser inspeccionada, cortada y formada antes de incorporar elementos adicionales. Posteriormente, se colocan

componentes que deben ingresar antes del cierre de extremos, como el Techflex y las abrazaderas de banda elástica. Solo después de estas etapas es posible ensamblar la válvula de purga y el conector rápido, para luego instalar los elementos de fijación, la etiqueta, realizar la inspección final, ejecutar la prueba de hermeticidad y completar el empaque. Esta dependencia secuencial implica que cualquier alteración en una etapa previa repercute directamente sobre la continuidad del flujo y sobre la conformidad del producto final.

Desde la óptica del análisis de procesos, esta estructura secuencial favorece la identificación de restricciones, ya que el ritmo global del sistema queda determinado por la operación con menor capacidad relativa frente a la demanda. De ahí que el estudio del flujo actual deba considerar no solo la suma de actividades, sino también la interacción entre tiempos de ciclo, acumulación de inventario y transferencia de material entre operaciones.

3.4 Levantamiento de información del proceso actual

3.4.1 Información proporcionada por la empresa

La empresa proporcionó la base documental necesaria para identificar el producto, sus componentes y la estructura general del proceso de manufactura. Entre los elementos entregados se encuentran la lista de componentes del ensamble, la representación visual del producto, la secuencia de trece operaciones de la línea, la clasificación de cada operación como manual o con maquinaria, los tiempos de ciclo asociados a cada proceso, el tamaño de lote, el número de operadores por operación y las variables generales de planeación, como demanda mensual, días hábiles por mes, jornada laboral y tiempo disponible diario.

Esta información constituyó el punto de partida para el análisis, ya que permitió establecer la arquitectura básica del sistema productivo. La documentación entregada no solo definió qué operaciones integran la línea, sino también el orden lógico de ejecución y la naturaleza técnica de cada una de ellas. Por ejemplo, el archivo muestra que las actividades de corte, formado, inserción de buje y prueba de fuga se apoyan en maquinaria, mientras que el resto de las etapas dependen principalmente de intervención manual. Del mismo modo, el documento evidenció que la operación de ensamble de conector rápido presenta el mayor tiempo de ciclo del flujo, con un valor de 110 segundos, dato particularmente relevante para el posterior diagnóstico del sistema.

La información documental también permitió calcular de forma preliminar indicadores fundamentales para el VSM, como la demanda diaria y el tiempo takt. Al disponer de la demanda mensual, el número de días hábiles y el tiempo disponible de producción, fue posible definir desde una etapa temprana el ritmo teórico que la línea debe alcanzar para cumplir con los requerimientos del cliente. En consecuencia, la documentación proporcionada por la empresa no se utilizó únicamente como referencia descriptiva, sino como insumo cuantitativo para la construcción del estado actual del flujo.

Tabla 3.7. Información base proporcionada por la empresa

Información base proporcionada por la empresa		
Tipo de información	Contenido principal	Aplicación dentro del análisis
Información de producto	Lista de componentes y representación del ensamble	Caracterización técnica del producto
Información de proceso	Secuencia de 13 operaciones	Descripción del flujo actual
Información de tiempos	CT por operación	Cálculo de capacidad y comparación contra takt
Información de recursos	1 operador por operación	Caracterización de la línea
Información de planeación	Demanda, jornada, lote, tiempo disponible	Cálculo de demanda diaria y tiempo takt

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

3.4.2 Información obtenida durante la visita técnica

La visita técnica permitió complementar la información documental mediante la observación directa del proceso en piso de producción. Durante el recorrido por la línea se verificó la secuencia real del flujo, la forma en que el producto transita entre estaciones, la interacción entre operaciones manuales y operaciones asistidas por maquinaria, así como la presencia de acumulaciones de material entre ciertos procesos. Esta etapa fue esencial para comprender el comportamiento real del sistema, ya que la documentación por sí sola describe la estructura

del proceso, pero no siempre refleja la dinámica operativa con la que dicho proceso se ejecuta en la práctica.

Mediante el levantamiento en planta fue posible confirmar que el flujo responde a una lógica de ensamble progresivo, donde la manguera actúa como base del producto y sobre ella se van incorporando los elementos de protección, sujeción, conexión y trazabilidad. Asimismo, se corroboró que la secuencia operativa no es intercambiable de manera arbitraria, debido a que varias actividades dependen físicamente de la ejecución correcta de la etapa anterior. La colocación del Techflex y de las abrazaderas, por ejemplo, debe realizarse antes del ensamble de los extremos, mientras que la prueba de fuga solo puede llevarse a cabo una vez que el conjunto se encuentra totalmente ensamblado e inspeccionado.

Otro aspecto relevante observado durante la visita fue el comportamiento del flujo en torno a las operaciones de ensamble de extremos. El levantamiento permitió identificar que la operación de ensamble de conector rápido representa un punto de atención dentro del sistema, tanto por su tiempo de ciclo como por la tendencia a generar acumulación de producto en proceso en etapas cercanas. Esta observación resulta congruente con la información documental, donde dicha operación aparece con el mayor tiempo de ciclo registrado.

En complemento a la observación del flujo, durante la visita se consolidaron datos operativos necesarios para la representación del VSM actual, tales como inventarios interproceso, condiciones generales de abastecimiento interno, secuencia de liberación del material y comportamiento del producto terminado previo a embarque. La integración de estos elementos permitió construir una visión más completa del estado actual de la línea, al incorporar no solo el tiempo de ejecución de las operaciones, sino también los tiempos indirectos asociados a espera y acumulación.

Tabla 3.8. Información consolidada durante el levantamiento en planta

Información consolidada durante el levantamiento en planta	
Variable observada	Utilidad dentro del VSM
Secuencia real del flujo	Confirmar la ruta actual del producto
Acumulación entre procesos	Determinar inventario en proceso y días de espera

Interacción entre estaciones	Identificar continuidad y restricciones del flujo
Naturaleza manual o asistida	Interpretar variabilidad operativa
Punto de mayor saturación	Identificar la posible restricción del sistema
Condición del producto previo a prueba y empaque	Validar lógica de inspección y liberación

Fuente: Elaboración propia

3.4.3 Criterios de validación y consolidación de datos

Para la construcción del estado actual del proceso se adoptó un criterio de integración de información basado en consistencia técnica y correspondencia operativa. En primer término, se tomaron como referencia los datos proporcionados por la empresa en relación con producto, secuencia operativa, tiempos de ciclo, tamaño de lote, asignación de operadores y variables generales de producción. En segundo término, estos datos fueron contrastados con la observación realizada durante la visita técnica, con el objetivo de asegurar que el modelo analítico representara de forma razonable el comportamiento real de la línea.

La validación de la información consideró tres principios principales. El primero fue la coherencia secuencial, es decir, que las operaciones descritas en el archivo coincidieran con el orden real de transformación y ensamble del producto. El segundo fue la coherencia funcional, entendida como la congruencia entre el propósito técnico de cada operación y la forma en que se ejecuta dentro del flujo. El tercero fue la coherencia cuantitativa, que implicó verificar que los tiempos de ciclo, la demanda diaria, el tiempo takt y la capacidad de la línea mantuvieran una relación lógica entre sí.

Bajo estos criterios, la información se consolidó para ser utilizada en el VSM actual a través de tres categorías: variables de entrada, variables de proceso y variables de salida. Las variables de entrada agrupan la demanda, el tiempo disponible, el lote y los componentes requeridos para la fabricación. Las variables de proceso comprenden tiempos de ciclo, tipo de operación, número de operadores, inventarios interproceso y capacidad por etapa. Por último, las variables de salida se relacionan con la liberación del producto terminado, la condición del flujo y la posibilidad de cumplir el ritmo requerido por el cliente.

Tabla 3.9. Clasificación de datos para el análisis del VSM actual

Clasificación de datos para el análisis del VSM actual	
Variables de entrada	Demanda mensual, días hábiles, tiempo disponible, lote, componentes
Variables de proceso	CT, tipo de operación, operadores, inventario en proceso, capacidad
Variables de salida	Cumplimiento de demanda, lead time, condición del flujo, producto terminado

Fuente: Elaboración propia

3.4.4 Estructuración de los datos para la construcción del VSM

Una vez validados y consolidados los datos, la información fue estructurada en función de los elementos que exige la elaboración del mapa de flujo de valor del estado actual. En primer lugar, se definieron las variables de cliente y planeación, necesarias para establecer la demanda y el tiempo takt. En segundo lugar, se organizaron los datos por operación, considerando el tiempo de ciclo, el tipo de recurso utilizado y la posición de cada proceso dentro del flujo. En tercer lugar, se integraron los inventarios interproceso y la lógica general del movimiento de materiales, con el fin de representar la línea de tiempo del VSM y determinar el lead time del sistema.

Esta estructuración permitió convertir información dispersa en un modelo analítico útil para el diagnóstico. En lugar de presentar únicamente una descripción secuencial del proceso, se obtuvo una base de datos operativa a partir de la cual es posible comparar el desempeño de cada etapa contra la demanda requerida, identificar la restricción principal del sistema y cuantificar la proporción de tiempo que agrega valor frente al tiempo total de permanencia del producto en el flujo.

3.4.5 Importancia del levantamiento dentro del diagnóstico del estado actual

El levantamiento de información no debe entenderse como una actividad complementaria menor, sino como uno de los elementos centrales para la calidad del diagnóstico. En estudios

de mejora de procesos, el riesgo de trabajar exclusivamente con información documental radica en que los registros pueden describir una condición nominal del sistema, pero no necesariamente su comportamiento operativo real. En cambio, la observación directa permite identificar acumulaciones, variaciones, secuencias reales de trabajo y elementos de interacción que difícilmente se aprecian en una tabla o en una hoja de especificaciones.

En el caso de la línea analizada, la integración entre información documental y levantamiento en planta permitió construir un panorama mucho más sólido del estado actual. Gracias a ello, el capítulo no se limita a reproducir datos aislados del proceso, sino que establece una base técnica y metodológica para el análisis de la capacidad, la construcción del VSM y la formulación del planteamiento del problema. Esta integración será especialmente relevante en la siguiente sección, donde se procederá a la descripción detallada de cada operación del proceso actual y a la determinación de los parámetros cuantitativos del mapa de flujo de valor.

3.5 Descripción técnica del proceso actual

3.5.1 Consideraciones generales del proceso

El proceso actual de fabricación del ensamble de manguera con válvula de purga se desarrolla mediante una secuencia estructurada de operaciones en la que intervienen actividades manuales, operaciones asistidas por maquinaria y etapas de aseguramiento de calidad. La lógica del flujo responde a la necesidad de preparar la manguera como cuerpo base del producto, incorporar los componentes de protección y sujeción antes del cierre de extremos, ensamblar los componentes terminales, instalar los elementos de fijación y, finalmente, validar la conformidad del ensamble mediante inspección y prueba funcional. Esta secuencia no es arbitraria, sino técnicamente obligada por la geometría del producto y por la imposibilidad física de incorporar ciertos componentes una vez que los extremos han sido ensamblados.

Desde la perspectiva del análisis de manufactura, el proceso presenta dos características relevantes. La primera es la coexistencia de operaciones con distinto nivel de complejidad, lo que genera diferencias importantes en los tiempos de ciclo y, por consiguiente, en la capacidad relativa de cada etapa. La segunda es la existencia de operaciones directamente

asociadas a variables críticas del producto, como longitud, geometría, profundidad de inserción, posición de componentes, trazabilidad y hermeticidad. En consecuencia, la correcta ejecución del proceso actual depende tanto de la secuencia operativa como del control técnico de variables específicas en cada estación.

Tabla 3.10. Resumen técnico de las operaciones del proceso actual

Resumen técnico de las operaciones del proceso actual				
Numero	Operación	Objetivo técnico principal	Variable critica dominante	CT (segundos)
1	Recepción e inspección de materiales	Liberar materiales conformes para producción	Identificación y condición del componente	20
2	Corte de manguera	Obtener longitud nominal del cuerpo base	Longitud y calidad del corte	12
3	Formado de manguera	Generar geometría requerida del ensamble	Curvatura y orientación	18
4	Colocación de Techflex	Proteger la superficie del producto	Posición y cobertura	10
5	Colocación de abrazaderas de banda elástica	Preparar elementos de sujeción de extremos	Posición previa de abrazaderas	15
6	Ensamble de válvula de purga	Integrar componente terminal funcional	Inserción y fijación	55
7	Ensamble de conector rápido	Integrar interfaz de conexión opuesta	Inserción, alineación y retención	110
8	Colocación de abrazaderas de montaje	Incorporar puntos de fijación estructural	Posición axial	25

9	Colocación de buje de goma	Completar soporte y aislamiento	Inserción correcta del buje	35
10	Colocación de etiqueta	Garantizar trazabilidad del producto	Adhesión e identificación	15
11	Inspección final	Confirmar conformidad visual y dimensional	Presencia y posición de componentes	20
12	Prueba de fuga o hermeticidad	Validar integridad funcional del ensamble	Ausencia de fugas	40
13	Empaque	Proteger e identificar producto terminado	Conservación y presentación	10

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

La estructura de operaciones y los tiempos de ciclo contenidos en la tabla anterior derivan de la información documental de la empresa.

3.5.2 Recepción e inspección de materiales

La primera operación del proceso corresponde a la recepción e inspección de materiales, la cual tiene como propósito asegurar que los componentes requeridos para el ensamble se encuentren disponibles, identificados correctamente y en condiciones físicas aptas para su uso en producción. En esta etapa se verifica la presencia de la manguera, abrazaderas de banda elástica, válvula de purga, conector rápido, abrazaderas de montaje, buje de goma, etiqueta y recubrimiento protector tipo Techflex, así como la correspondencia de cada uno con el número de parte o referencia establecida.

Técnicamente, esta operación constituye un filtro de entrada al proceso, ya que permite detectar desviaciones relacionadas con daño superficial, contaminación, deformación de piezas, mezclas de componentes, errores de identificación o faltantes de material. El control realizado en esta estación reduce la probabilidad de que materiales no conformes ingresen al flujo de ensamble y generen defectos posteriores. Debido a su función preventiva, aunque no

transforma físicamente el producto, sí agrega valor desde el punto de vista del aseguramiento de calidad y de la estabilidad del proceso.

El tiempo de ciclo asignado a esta operación es de 20 segundos, lo que indica una actividad de verificación rápida pero sistemática, orientada a la liberación del material antes de iniciar las operaciones de transformación.

3.5.3 Corte de manguera

La operación de corte tiene por objetivo obtener el cuerpo base del ensamble con la longitud requerida por la especificación del producto. En términos de manufactura, esta etapa es crítica porque define la dimensión inicial sobre la cual se construirá el resto del ensamble. Una variación en longitud puede traducirse posteriormente en problemas de geometría, interferencia durante la instalación, desplazamiento de componentes o incumplimiento de puntos de fijación.

El corte se realiza con apoyo de maquinaria, lo cual sugiere el uso de un medio de seccionado controlado que permita asegurar repetibilidad dimensional, uniformidad entre piezas y acabado aceptable en los extremos. Desde una perspectiva técnica, las variables que deben controlarse en esta operación son la longitud nominal, la perpendicularidad o escuadre del corte, la ausencia de deformación en el extremo y la preservación del diámetro interno funcional de la manguera. Cualquier irregularidad en esta etapa puede afectar la profundidad de inserción de los componentes terminales y comprometer la calidad del ensamble.

El tiempo de ciclo reportado para el corte es de 12 segundos, por lo que se trata de una operación relativamente rápida y con una capacidad significativamente mayor que la demanda requerida por el sistema.

3.5.4 Formado de manguera

Una vez cortada, la manguera pasa a la operación de formado, donde se le confiere la geometría específica exigida por el diseño del producto. Esta etapa resulta indispensable debido a que el ensamble final presenta una trayectoria curvada y referencias espaciales que deben mantenerse para garantizar su correcta instalación y funcionamiento dentro de la

aplicación automotriz. La representación visual del producto incluida por la empresa confirma precisamente la presencia de una configuración geométrica no lineal.

Desde el punto de vista técnico, el formado debe controlar parámetros como radio de curvatura, orientación angular, distancia entre puntos de referencia y estabilidad geométrica posterior a la conformación. Dependiendo del método aplicado, esta operación puede involucrar herramental fijo, dispositivos de apoyo o sistemas mecánicos de guía que aseguren repetibilidad entre piezas. El objetivo principal es evitar variaciones geométricas que posteriormente generen tensión en las uniones, mala ubicación de abrazaderas o incompatibilidad de montaje en el vehículo.

El tiempo de ciclo de esta operación es de 18 segundos, valor que mantiene una relación favorable respecto al takt de la línea, aunque su importancia técnica es alta debido a su efecto directo sobre la conformidad dimensional del producto.

3.5.5 Colocación de Techflex

La colocación del recubrimiento protector tipo Techflex constituye una operación de preparación funcional del ensamble. Su finalidad es cubrir la superficie de la manguera en las zonas definidas por diseño para protegerla contra abrasión, roce con componentes adyacentes, desgaste por manipulación y posibles daños durante instalación o servicio. Desde la perspectiva del producto, esta operación no modifica el flujo interno del sistema, pero sí aumenta la resistencia del conjunto frente a condiciones mecánicas externas.

El control técnico de esta estación se centra en la correcta posición longitudinal del recubrimiento, la cobertura del área crítica, la ausencia de deformación del material protector y la no interferencia con las zonas de ensamble de extremos o con los componentes de fijación. Esta operación debe ejecutarse antes del ensamble de los terminales, ya que una vez montados la válvula de purga y el conector rápido, el recubrimiento ya no podría insertarse sobre la manguera sin desmontar el producto.

El tiempo de ciclo asignado es de 10 segundos, por lo que se trata de una actividad breve, pero indispensable dentro de la secuencia de preparación del producto.

3.5.6 Colocación de abrazaderas de banda elástica

Después de colocar el recubrimiento protector, se realiza la incorporación de las abrazaderas de banda elástica. Esta operación consiste en posicionar previamente los elementos de sujeción sobre la manguera, de forma que queden disponibles para asegurar posteriormente las uniones en los extremos. La lógica de esta etapa radica en que, una vez ensamblados la válvula de purga y el conector rápido, ya no sería posible introducir las abrazaderas sin desmontar el conjunto.

Desde el punto de vista técnico, la estación debe controlar principalmente el número correcto de abrazaderas, su orientación, su posición inicial y la integridad del componente antes del cierre definitivo de la unión. Aunque se trata de una operación manual relativamente simple, su correcta ejecución es esencial, ya que una abrazadera mal colocada puede afectar la retención del componente terminal, la uniformidad del apriete o la condición de sellado del ensamble.

El tiempo de ciclo de esta actividad es de 15 segundos, lo que refleja una operación corta pero necesaria para asegurar la secuencia correcta del proceso.

3.5.7 Ensamble de válvula de purga

La operación de ensamble de válvula de purga representa la primera integración de un componente terminal funcional al cuerpo principal del producto. En esta etapa se inserta la válvula en el extremo correspondiente de la manguera y posteriormente se posiciona la abrazadera de banda elástica para asegurar la unión. Debido a la función que cumple la válvula dentro del sistema del vehículo, esta estación debe ejecutarse bajo condiciones de control que garanticen la correcta profundidad de inserción, la orientación del componente y la estabilidad mecánica de la unión.

Técnicamente, la calidad de esta operación depende de la compatibilidad dimensional entre la manguera y la válvula, de la fuerza de inserción requerida, del correcto posicionamiento de la abrazadera y de la verificación visual del ensamble terminado. Una inserción insuficiente, una mala orientación o una sujeción inadecuada pueden generar problemas funcionales, fugas o retrabajos en etapas posteriores. Además, al tratarse de una unión

terminal, cualquier variación aquí introducida impacta de manera directa la aprobación del producto durante la prueba de hermeticidad.

El tiempo de ciclo asignado a esta operación es de 55 segundos, lo que la sitúa como una de las actividades manuales más demandantes del flujo actual.

3.5.8 Ensamble de conector rápido

Una vez integrada la válvula de purga, el proceso continúa con el ensamble del conector rápido en el extremo opuesto de la manguera. Esta operación presenta una importancia crítica dentro de la línea, ya que el conector rápido constituye la interfaz de acoplamiento del producto con el sistema donde será instalado, por lo que su montaje exige precisión en inserción, alineación y fijación.

En términos técnicos, esta estación implica el posicionamiento del componente terminal, la verificación de profundidad de inserción, la correcta orientación respecto a la geometría general del ensamble y el aseguramiento mediante abrazadera. A diferencia de otras operaciones, el ensamble del conector rápido requiere una combinación más intensa de manipulación, control visual y ajuste manual, situación que se refleja directamente en su tiempo de ciclo.

El documento de la empresa establece para esta operación un tiempo de 110 segundos, que corresponde al mayor valor dentro de todo el flujo productivo. Esta condición vuelve al ensamble de conector rápido una estación crítica desde el punto de vista de capacidad, ya que su tiempo supera el takt requerido por la línea y, por tanto, constituye la principal restricción del sistema actual.

3.5.9 Colocación de abrazaderas de montaje

Una vez cerradas las uniones terminales, se incorporan las abrazaderas de montaje sobre el cuerpo de la manguera. Estos elementos no participan directamente en la conducción del fluido o vapor, pero cumplen una función esencial de fijación estructural del ensamble dentro del vehículo. Su colocación correcta asegura que el producto mantenga la ruta de instalación

prevista por diseño y que se minimicen esfuerzos o vibraciones indeseadas durante el servicio.

La variable técnica dominante en esta estación es la posición axial y relativa de las abrazaderas respecto a las referencias del producto. Una desviación en su ubicación puede provocar incompatibilidad de montaje, desalineación del conjunto o interferencia con componentes vecinos en la aplicación final. Por ello, aunque se trata de una operación manual, exige atención dimensional y repetibilidad en el método de trabajo.

El tiempo de ciclo registrado para esta operación es de 25 segundos, valor que la ubica en una zona intermedia dentro del flujo.

3.5.10 Colocación de buje de goma

Posteriormente se realiza la colocación del buje de goma en la abrazadera de montaje correspondiente. Esta actividad se apoya en maquinaria o en un medio mecánico de inserción, lo cual indica que la operación puede requerir una fuerza de ensamble o una guía de posicionamiento superior a la que sería conveniente realizar de forma completamente manual. La función del buje es aportar soporte, amortiguamiento y aislamiento en el punto de fijación del producto.

Técnicamente, esta estación debe asegurar que el buje quede completamente alojado, sin deformación excesiva, sin daño superficial y con orientación adecuada respecto a la abrazadera. Una inserción incompleta o una colocación incorrecta pueden afectar la estabilidad del montaje y el comportamiento vibracional del conjunto en servicio. Esta operación, aunque no cierra una unión funcional, sí incide en la robustez mecánica del ensamble final.

El tiempo de ciclo definido para esta operación es de 35 segundos, por lo que representa una actividad asistida con un requerimiento moderado de tiempo dentro de la línea

3.5.11 Colocación de etiqueta

Una vez integrados los componentes funcionales y de fijación, se realiza la colocación de la etiqueta de identificación. Esta etapa cumple una función de trazabilidad y control, ya que permite asociar el producto con información relevante como número de parte, lote de fabricación, fecha o código interno de seguimiento. Aunque no modifica las características funcionales del ensamble, sí resulta indispensable desde el punto de vista del control de calidad y de la administración del producto terminado.

Las variables críticas de esta operación son la presencia de la etiqueta correcta, su legibilidad, su adhesión adecuada y su posición conforme a la especificación. Una etiqueta mal aplicada o incorrecta puede generar errores de identificación, pérdida de rastreabilidad y problemas logísticos o de control interno. Por ello, aun tratándose de una operación breve, debe ejecutarse bajo criterios definidos de control visual.

El tiempo de ciclo asignado a esta estación es de 15 segundos.

3.5.12 Inspección final

La inspección final constituye la etapa de verificación integral del ensamble antes de la validación funcional. En esta operación se revisa la presencia, posición y condición de todos los componentes incorporados a lo largo del proceso, así como la geometría general de la manguera, la orientación de la válvula de purga y del conector rápido, la correcta colocación del Techflex, la posición de abrazaderas, la inserción del buje y la presencia de la etiqueta.

Desde una óptica técnica, esta estación consolida el control acumulado del proceso, ya que aquí se detectan posibles desviaciones derivadas de etapas previas. Su alcance es principalmente visual y dimensional, por lo que no sustituye a la prueba funcional de hermeticidad, pero sí evita que piezas con defectos evidentes avancen a la siguiente estación. La inspección final también cumple una función de contención, reduciendo la probabilidad de someter a prueba de fuga productos claramente no conformes.

El tiempo de ciclo asociado es de 20 segundos, valor acorde con una verificación visual sistemática del conjunto terminado.

3.5.13 Prueba de fuga o hermeticidad

Después de la inspección final, el producto se somete a una prueba de fuga o hermeticidad. Esta operación representa el principal control funcional de liberación del proceso, ya que valida que las uniones entre la manguera y los componentes terminales no presenten pérdidas. En términos de aseguramiento de calidad, esta estación confirma si el ensamble cumple con la condición mínima de sellado requerida para su aplicación.

Técnicamente, la prueba se realiza con apoyo de maquinaria o equipo dedicado, lo que permite aplicar una condición controlada de verificación y evaluar la estabilidad del ensamble frente a un criterio de aceptación definido. Establece que esta etapa forma parte obligatoria del flujo y que constituye un criterio indispensable para la liberación del producto terminado. La importancia de esta operación radica en que sintetiza el efecto acumulado de las etapas anteriores: una variación en corte, formado, inserción o fijación puede manifestarse aquí como falla de hermeticidad.

El tiempo de ciclo correspondiente a esta estación es de 40 segundos, por lo que se trata de una operación con carga temporal moderada y alto impacto en la calidad final.

3.5.14 Empaque

La última etapa del proceso corresponde al empaque del producto conforme. Su objetivo es proteger el ensamble terminado, conservar su geometría, mantener la identificación del producto y prepararlo para su manejo y embarque. Aunque se trata de una operación terminal, su correcta ejecución influye en la integridad física del producto durante el almacenamiento temporal y el transporte hacia el cliente.

Desde la perspectiva técnica, esta operación debe evitar deformaciones, aplastamiento de la manguera, desprendimiento de la etiqueta o daño en elementos de fijación. Además, el empaque debe permitir que el producto conserve la condición aprobada con la que fue liberado por la prueba de fuga y la inspección final. La función del empaque no es únicamente logística, sino también de preservación del estado conforme del producto.

El tiempo de ciclo reportado para esta actividad es de 10 segundos, siendo una de las estaciones más cortas del proceso actual.

3.5.15 Análisis técnico de la secuencia operativa actual

La revisión de las trece operaciones permite concluir que el proceso actual presenta una secuencia técnicamente coherente con las necesidades del producto, ya que primero acondiciona la manguera, después incorpora los componentes que deben introducirse antes del cierre de extremos, posteriormente integra los componentes terminales y finalmente valida y protege el producto terminado. No obstante, la secuencia también evidencia una diferencia importante en la carga temporal entre estaciones, particularmente en las operaciones de ensamble de componentes terminales, donde se concentra una mayor complejidad operativa.

Dentro del conjunto de operaciones, el ensamble de conector rápido destaca no solo por su función técnica, sino por registrar el mayor tiempo de ciclo del flujo. Esta condición resulta especialmente relevante porque anticipa un comportamiento restrictivo dentro de la línea y justifica la necesidad de evaluar cuantitativamente la capacidad del sistema frente al takt requerido por la demanda. En consecuencia, la descripción técnica del proceso no solo permite entender cómo se fabrica el producto, sino también establecer la base para el análisis cuantitativo del VSM del estado actual.

3.6 Determinación de parámetros para el VSM actual

3.6.1 Objetivo de la determinación de parámetros

La determinación de parámetros para el VSM actual tiene como propósito cuantificar el desempeño real de la línea de ensamble y representar, mediante indicadores operativos, la relación existente entre demanda, capacidad, inventario en proceso, tiempo de valor agregado y tiempo total de permanencia del producto en el flujo. A diferencia de una descripción únicamente secuencial del proceso, el VSM exige integrar variables numéricas que permitan identificar con claridad la restricción del sistema, el comportamiento del flujo y la magnitud de los tiempos no agregadores de valor.

En este sentido, la presente sección desarrolla los parámetros fundamentales para la construcción del mapa del estado actual: tiempo disponible, demanda diaria, tiempo takt,

tiempo de ciclo por operación, capacidad por estación, inventario en proceso, lead time, tiempo de valor agregado y eficiencia del flujo. El análisis se realiza sobre la línea de ensamble de manguera con válvula de purga, cuya configuración, tiempos operativos y variables de planeación fueron definidos en la documentación técnica de la empresa.

3.6.2 Tiempo disponible de producción

El tiempo disponible representa el tiempo neto efectivo con el que cuenta la línea para producir durante una jornada laboral. Para su cálculo se considera la jornada total de trabajo y se descuenta el tiempo destinado a comida o interrupción programada.

La empresa establece una jornada laboral de 10 horas, con 1 hora de almuerzo, operando bajo un esquema de 1 turno diario. Por lo tanto, el tiempo neto disponible por día se obtiene de la siguiente forma:

$$T_d = (J - T_a)$$

Donde:

T_d = tiempo disponible por día

J = jornada laboral

T_a = tiempo de almuerzo

Sustituyendo valores:

$$T_d = 10 - 1 = 9 \text{ horas/día}$$

Conversión a minutos:

$$T_d = 9 * 60 = 540 \text{ minutos/día}$$

Conversión a segundos:

$$T_d = 540 * 60 = 32,400 \text{ segundos/día}$$

Tabla 3.11. Cálculo del tiempo disponible

Cálculo del tiempo disponible

Concepto	Valor
Jornada laboral	10 horas/día
Tiempo de almuerzo	1 hora/día
Tiempo neto disponible	9 horas/día
Tiempo neto disponible	540 minutos/día
Tiempo neto disponible	32,400 segundos/día

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

El valor de 32,400 s/día será utilizado como base para el cálculo del tiempo takt y de la capacidad de las operaciones.

3.6.3 Demanda diaria y tiempo takt

El tiempo takt expresa el ritmo al que el sistema debe producir para satisfacer la demanda del cliente dentro del tiempo disponible. Constituye el parámetro de referencia contra el cual deben compararse los tiempos de ciclo de todas las operaciones del proceso.

La demanda mensual indicada para la línea es de 8,000 piezas, con 22 días hábiles por mes. Por lo tanto, la demanda diaria se calcula como:

$$D_d = \frac{D_m}{D_h}$$

Donde:

D_d = demanda diaria

D_m = demanda mensual

D_h = dias habiles del mes

Sustituyendo valores:

$$D_d = \frac{8,000}{22} = 363.64 = 364 \text{ piezas/día}$$

Una vez obtenida la demanda diaria, el tiempo takt se calcula mediante:

$$Takt = \frac{T_d}{D_d}$$

Sustituyendo:

$$Takt = \frac{32,400}{364} = 89.01 \text{ segundos/pieza}$$

Por criterio de redondeo y para fines de representación del VSM:

$$Takt = 90 \text{ segundos/pieza}$$

Tabla 3.12. Cálculo de demanda diaria y tiempo takt

Cálculo de demanda diaria y tiempo takt		
Variable	Formula	Resultado
Demanda diaria	8000/22	364 piezas/día
Tiempo takt	32400/364	89.01 segundos/pieza
Tiempo takt redondeado	-	90 segundos/pieza

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

Este valor indica que la línea debería entregar una pieza terminada aproximadamente cada 90 segundos para cumplir con la demanda del cliente.

3.6.4 Tiempo de ciclo por operación

El tiempo de ciclo es el tiempo requerido por cada estación para completar una unidad. En el caso del proceso analizado, la empresa definió trece operaciones con tiempos específicos, los cuales constituyen la base para el análisis de capacidad y para la elaboración de las cajas de datos del VSM. Las operaciones y sus respectivos tiempos se presentan en el documento técnico del proceso.

Tabla 3.13. Tiempos de ciclo del proceso actual

Tiempos de ciclo del proceso actual		
Numero	Operación	CT (segundos)
1	Recepción e inspección de materiales	20

2	Corte de manguera	12
3	Formado de manguera	18
4	Colocación de Techflex	10
5	Colocación de abrazaderas de banda elástica	15
6	Ensamble de válvula de purga	55
7	Ensamble de conector rápido	110
8	Colocación de abrazaderas de montaje	25
9	Colocación de buje de goma	35
10	Colocación de etiqueta	15
11	Inspección final	20
12	Prueba de fuga o hermeticidad	40
13	Empaque	10

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

La comparación preliminar contra el takt time muestra que la mayoría de las operaciones se encuentran por debajo de 90 s/pza; sin embargo, la operación de ensamble de conector rápido, con 110 s, excede el tiempo takt, lo que anticipa una restricción de capacidad en el sistema actual.

3.6.5 Tiempo total de proceso

El tiempo total de proceso corresponde a la suma de los tiempos de ciclo individuales de las trece operaciones de la línea. Este indicador expresa el tiempo de transformación y validación requerido para completar una pieza a lo largo de toda la secuencia productiva.

$$T_{proc} = \sum CT_i$$

Sustituyendo:

$$T_{proc} = 20 + 12 + 18 + 10 + 15 + 55 + 110 + 25 + 35 + 15 + 20 + 40 + 10$$

$$T_{proc} = 385 \text{ segundos}$$

Conversión a minutos:

$$T_{proc} = \frac{385}{60} = 6.42 \text{ minutos}$$

Tabla 3.14. Tiempo total de proceso

Tiempo total de proceso	
Concepto	Resultado
Tiempo total de proceso	385 segundos/pza
Tiempo total de proceso	6.42 minutos/pieza

Fuente: Elaboración propia

Este resultado muestra que el producto requiere 385 segundos de procesamiento total a lo largo de todo el flujo, sin considerar aún tiempos de espera derivados de inventario en proceso o acumulación entre operaciones.

3.6.6 Tiempo de valor agregado

Para efectos del análisis del flujo, se considera como tiempo de valor agregado aquel que transforma físicamente el producto o lo acerca a su condición funcional final. Bajo este criterio, las operaciones de recepción, inspección final, prueba de fuga y empaque no se consideran de valor agregado directo desde la perspectiva de transformación del producto, aunque sí son necesarias para el control y liberación del ensamble.

Por lo tanto, el tiempo de valor agregado se calcula con las siguientes operaciones:

- Corte de manguera = 12 s
- Formado de manguera = 18 s
- Colocación de Techflex = 10 s
- Colocación de abrazaderas de banda elástica = 15 s
- Ensamble de válvula de purga = 55 s
- Ensamble de conector rápido = 110 s
- Colocación de abrazaderas de montaje = 25 s
- Colocación de buje de goma = 35 s
- Colocación de etiqueta = 15 s

$$T_{VA} = 12 + 18 + 10 + 15 + 55 + 110 + 25 + 35 + 15$$

$$T_{VA} = 295 \text{ segundos}$$

Tabla 3.15. Tiempo de valor agregado

Tiempo de valor agregado	
Concepto	Resultado
Tiempo de valor agregado	295 segundos
Tiempo de valor no agregado dentro del proceso	90 segundos
Tiempo total de proceso	385 segundos

Fuente: Elaboración propia

El tiempo no agregado dentro del proceso corresponde a actividades de inspección, verificación, prueba y acondicionamiento final. Aunque estas etapas no transforman el producto, son necesarias para garantizar conformidad y trazabilidad.

3.6.7 Capacidad por operación

La capacidad diaria de cada operación se determina con base en el tiempo disponible y el tiempo de ciclo de la estación. Para las operaciones con apoyo de maquinaria se considera además la disponibilidad operativa del equipo, incorporada al modelo actual mediante el factor de uptime de cada proceso.

La expresión general es:

$$Cap_i = \frac{T_d * U_i}{CT_i}$$

Donde:

Cap_i = capacidad diaria de la operacion i

T_d = tiempo diponible diario

U_i = disponibilidad o uptime

CT_i = tiempo de ciclo de la operacion

Para las operaciones manuales se considera disponibilidad del 100 %. Para las operaciones con maquinaria se integraron los siguientes valores de disponibilidad actual de línea:

- Corte: 95 %
- Formado: 93 %
- Colocación de buje de goma: 96 %
- Prueba de fuga: 94 %

Tabla 3.16. Capacidad por operación en el estado actual

Tiempos de ciclo del proceso actual				
Numero	Operación	CT (segundos)	Uptime	Capacidad (piezas/día)
1	Recepción e inspección de materiales	20	100%	1,620
2	Corte de manguera	12	95%	2,565
3	Formado de manguera	18	93%	1,674
4	Colocación de Techflex	10	100%	3,240
5	Colocación de abrazaderas de banda elástica	15	100%	2,160
6	Ensamble de válvula de purga	55	100%	589
7	Ensamble de conector rápido	110	100%	295
8	Colocación de abrazaderas de montaje	25	100%	1,296
9	Colocación de buje de goma	35	96%	889
10	Colocación de etiqueta	15	100%	2,160
11	Inspección final	20	100%	1,620
12	Prueba de fuga o hermeticidad	40	94%	761
13	Empaque	10	100%	3,240

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

Del análisis de capacidad se observa que la estación de ensamble de conector rápido presenta la menor capacidad del sistema, con aproximadamente 295 piezas por día, valor inferior a la demanda requerida de 364 piezas por día. Dado que esta operación además tiene el mayor

tiempo de ciclo del proceso, se identifica como la restricción principal del flujo actual. La condición de esta operación ya es visible en la tabla de tiempos del documento, donde registra el mayor CT de toda la línea.

3.6.8 Determinación del cuello de botella

El cuello de botella de una línea se identifica como la operación con menor capacidad efectiva respecto al ritmo exigido por el cliente. En la línea analizada, dicho punto corresponde al ensamble de conector rápido, cuyo tiempo de ciclo es de 110 segundos/pieza, superior al takt de 90 segundos/pieza.

La brecha diaria de capacidad se obtiene mediante:

$$Brecha_d = D_d - Cap_{restr}$$

$$Brecha_d = 364 - 295 = 69 \text{ piezas/día}$$

La brecha mensual equivalente es:

$$Becha_m = 69 * 22 = 1,518 \text{ piezas/mes}$$

El porcentaje de cumplimiento de la demanda en la condición actual es:

$$\%Cumplimiento = \frac{295}{364} * 100 = 81.04\%$$

Y el déficit relativo es:

$$\%Deficit = 100 - 81.04 = 18.96\%$$

Tabla 3.17. Evaluación de cumplimiento de demanda

Evaluación de cumplimiento de demanda	
Indicador	Resultado
Demanda requerida	364 piezas/día
Capacidad de la restricción	295 piezas/día
Brecha diaria	69 piezas/día
Brecha mensual	1,518 piezas/mes

Cumplimiento de demanda	81.04%
Déficit del sistema	18.96%

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

Este resultado demuestra cuantitativamente que la línea, en su estado actual, no alcanza la demanda requerida por el cliente, y que la principal causa de esta condición es la operación de ensamble de conector rápido.

3.6.9 Inventario en proceso y días de inventario

Para representar el VSM actual fue necesario integrar el inventario existente entre operaciones. Este inventario en proceso refleja las acumulaciones generadas por la diferencia de ritmos entre estaciones y constituye la base para calcular el tiempo de espera dentro del flujo.

La relación utilizada es:

$$\text{Días de inventario} = \frac{\text{Inventario en proceso}}{\text{Demanda diaria}}$$

Considerando la condición actual del flujo, se consolidaron los siguientes inventarios interproceso:

Tabla 3.18. Inventario en proceso del estado actual

Inventario en proceso del estado actual		
Punto de flujo	Inventario (piezas)	Días de inventario
Materia prima liberada antes de línea	300	0.82
Entre operación 1 y 2	120	0.33
Entre operación 2 y 3	80	0.22
Entre operación 3 y 4	60	0.16
Entre operación 4 y 5	45	0.12
Entre operación 5 y 6	90	0.25
Entre operación 6 y 7	150	0.41
Entre operación 7 y 8	110	0.30

Entre operación 8 y 9	70	0.19
Entre operación 9 y 10	40	0.11
Entre operación 10 y 11	35	0.10
Entre operación 11 y 12	50	0.14
Entre operación 12 y 13	30	0.08
Producto terminado previo a embarque	180	0.49

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

La mayor acumulación interproceso se presenta entre las operaciones de ensamble de válvula de purga y ensamble de conector rápido, lo cual es consistente con el hecho de que la segunda constituye la restricción del sistema. Esta relación entre cuello de botella y acumulación de inventario es una de las evidencias más importantes del estado actual del flujo.

3.6.10 Lead time del estado actual

El lead time representa el tiempo total que una pieza permanece dentro del flujo, desde la liberación del material hasta la obtención del producto terminado. En el VSM actual, este parámetro se determina a partir de la suma de los días de inventario presentes entre operaciones.

$$LT = \sum \frac{Inv_i}{D_d}$$

La suma del inventario consolidado en el flujo actual es:

$$Inv_{total} = 1360 \text{ piezas}$$

Por lo tanto:

$$LT = \frac{1360}{364} = 3.736 \text{ días}$$

Tabla 3.19. Lead time del estado actual

Lead time del estado actual	
Concepto	Resultado

Inventario total en flujo	1,360 piezas
Demanda diaria	364 piezas/día
Lead time actual	3.74 días

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

Este valor muestra que, aunque el contenido real de trabajo sobre una pieza es de solo 385 s, el producto permanece en el sistema durante aproximadamente 3.74 días, principalmente por efecto del inventario acumulado y de los tiempos de espera entre operaciones.

3.6.11 Eficiencia del flujo actual

La eficiencia del flujo puede expresarse a través de la Process Cycle Efficiency (PCE), la cual compara el tiempo de valor agregado con el tiempo total de permanencia del producto en el flujo.

$$PCE = \frac{T_{VA}}{LT} * 100$$

Para mantener consistencia dimensional, primero se convierte el lead time a segundos productivos:

$$LT_{seg} = 3.74 * 32,400 = 121,055 \text{ segundos}$$

Posteriormente:

$$PCE = \frac{295}{121,055} * 100 = 0.24\%$$

Tabla 3.20. Eficiencia del flujo actual

Eficiencia del flujo actual	
Indicador	Resultado
Tiempo de valor agregado	295 segundos
Lead time total	3.74 días
Lead time equivalente	121,055 segundos
PCE	0.24%

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

El valor obtenido refleja una condición típica de flujo con elevada proporción de tiempo no agregado al valor, asociada principalmente a espera entre procesos, acumulación de inventario y desbalance entre estaciones.

3.6.12 Síntesis de parámetros del VSM actual

A partir del análisis cuantitativo desarrollado, puede establecerse que la línea opera bajo una condición en la que el ritmo requerido por el cliente no es alcanzado de forma sostenida. La demanda exige una salida de una pieza cada 90 segundos, pero la operación de ensamble de conector rápido requiere 110 segundos por unidad, lo que limita la capacidad efectiva del sistema a 295 piezas por día. Esta diferencia genera una brecha de 69 piezas diarias, acumulación de inventario antes de la restricción y un lead time total de 3.74 días.

Tabla 3.21. Resumen técnico del VSM actual

Resumen técnico del VSM actual	
Parámetro	Resultado
Tempo disponible	32,400 segundos/día
Demanda diaria	364 piezas/día
Tiempo takt	90 segundos/pieza
Tiempo total de proceso	385 segundos
Tiempo de valor agregado	295 segundos
Capacidad de la restricción	295 piezas/día
Brecha diaria	69 piezas/día
Lead time actual	3.74 días
PCE	0.24%

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

En términos de ingeniería de procesos, estos resultados permiten afirmar que el sistema actual presenta tres problemas principales: desbalance de línea, incumplimiento potencial de demanda y exceso de tiempo no agregado al valor. Por ello, la construcción del VSM actual no solo documenta el flujo existente, sino que evidencia cuantitativamente la necesidad de intervenir la restricción del proceso y mejorar la continuidad del flujo.

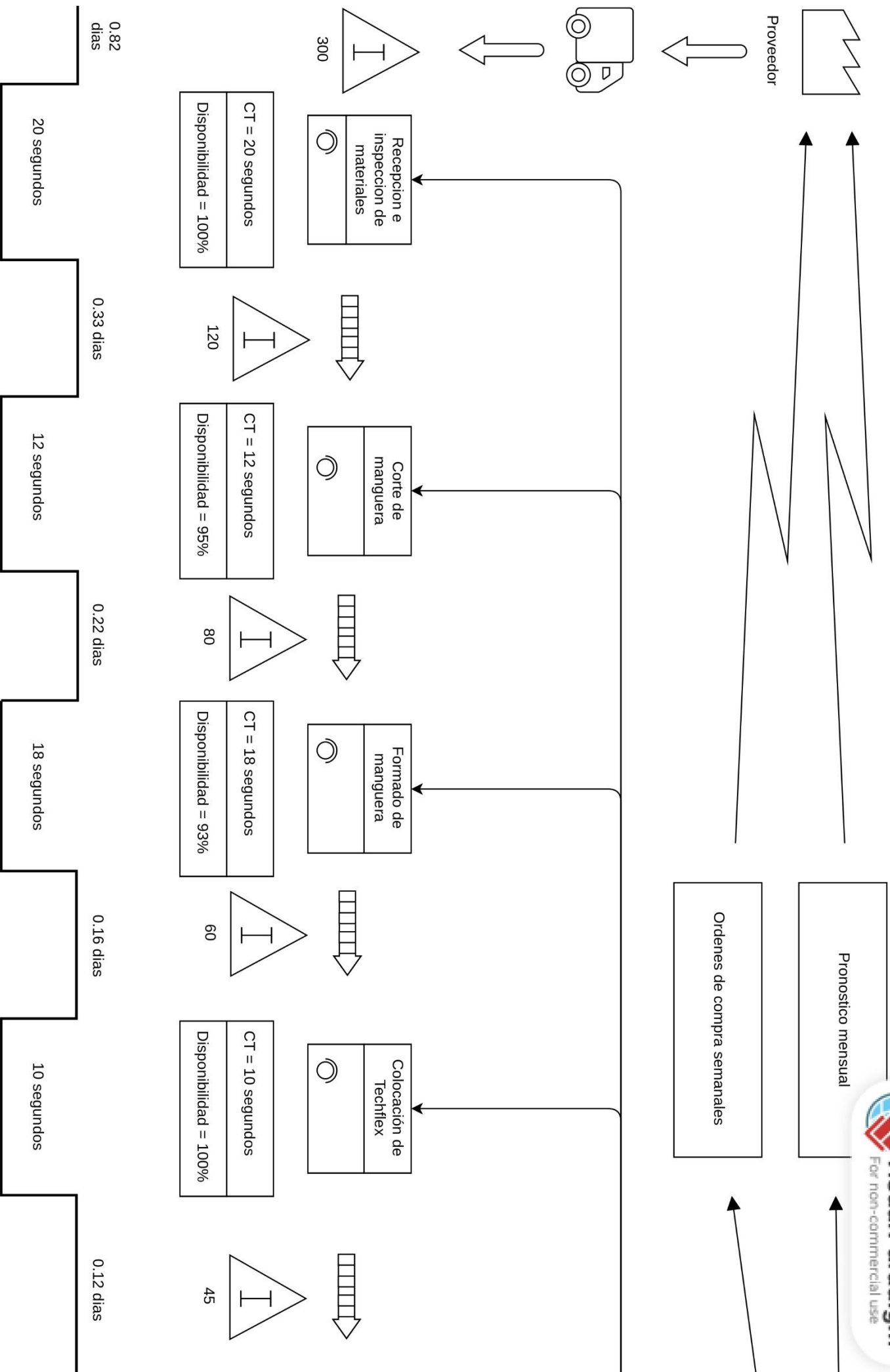
3.7 Construcción del mapa de flujo de valor del estado actual

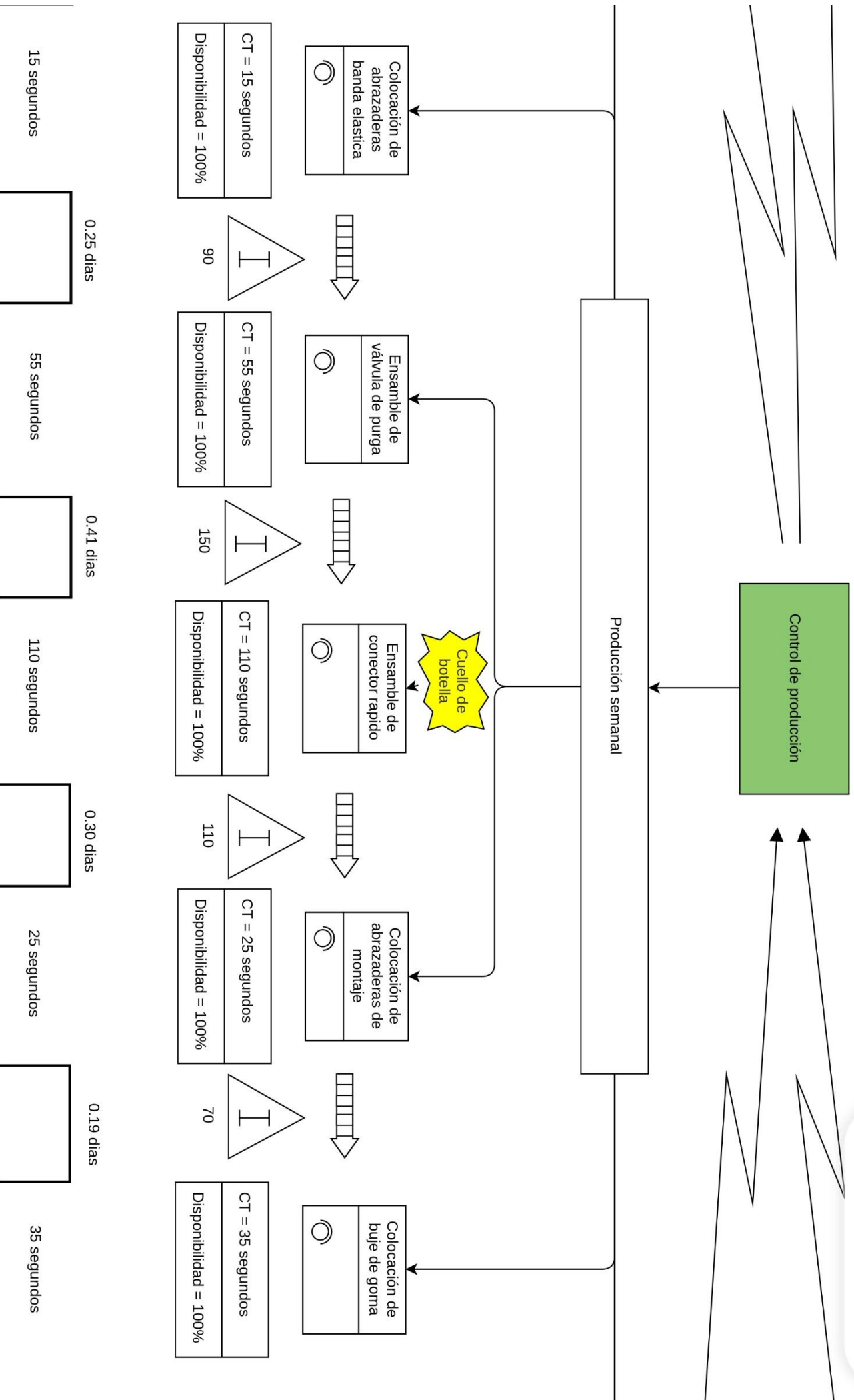
3.7.1 Estructura general del VSM actual

Una vez determinados los parámetros operativos del proceso, se procedió a estructurar el mapa de flujo de valor del estado actual. El VSM se construyó considerando los elementos clásicos de esta herramienta: proveedor, cliente, control de producción, flujo de información, flujo de materiales, inventarios interproceso, cajas de datos por operación y línea de tiempo inferior. Su finalidad no es únicamente representar gráficamente el recorrido del producto, sino mostrar la relación entre la demanda del cliente, la secuencia operativa, la capacidad de cada estación y los tiempos de espera acumulados a lo largo del flujo.

En el caso del proceso analizado, el mapa inicia con la liberación de materiales requeridos para el ensamble y concluye con el empaque del producto terminado, manteniendo como referencia una sola familia de producto y una ruta de manufactura definida de trece operaciones. La secuencia del proceso, la naturaleza manual o asistida de cada operación y los tiempos de ciclo fueron establecidos en la información técnica base del proceso.

La construcción del VSM actual permite visualizar que la línea no solo enfrenta un problema de capacidad puntual, sino una condición general de flujo afectada por desbalance operativo. El cuello de botella localizado en el ensamble de conector rápido reduce la capacidad global del sistema y genera acumulación de material en proceso, aumentando el tiempo total de permanencia del producto en la línea. Como consecuencia, el mapa actual no representa únicamente la secuencia del proceso, sino la evidencia cuantitativa del problema operativo que deberá abordarse en la etapa de mejora.

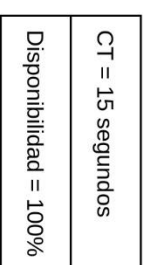
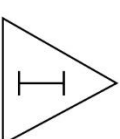
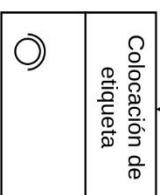
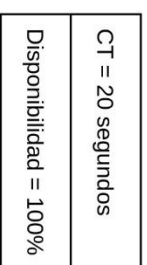
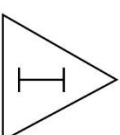
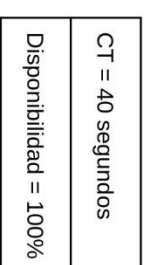
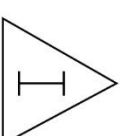
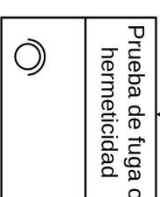
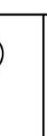
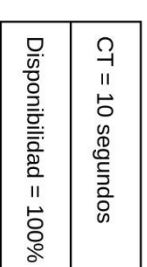
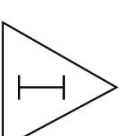
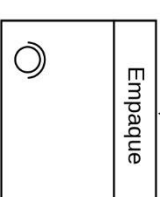
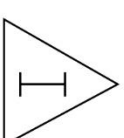
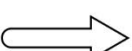
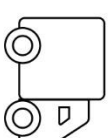




Demanda mensual
8000 piezas

Demanda diaria
364 piezas

Cliente



0.11 dias

0.10 dias

0.14 dias

0.08 dias

0.49
dias

15 segundos

20 segundos

40 segundos

10 segundos

Lead Time = 3.74 dias

3.8 Diagnóstico del estado actual y planteamiento del problema

3.8.1 Identificación de la restricción del sistema

El análisis cuantitativo del proceso actual permitió identificar que la principal restricción del sistema se localiza en la operación de ensamble de conector rápido. Esta conclusión se deriva de la comparación entre el tiempo takt requerido por la demanda y el tiempo de ciclo real de cada una de las operaciones del flujo. Mientras que la línea debe producir a un ritmo equivalente a 90 segundos por pieza para cumplir con el requerimiento del cliente, la operación de ensamble de conector rápido presenta un tiempo de ciclo de 110 segundos por pieza, el mayor de toda la secuencia productiva.

Desde la perspectiva de capacidad, esta operación limita el desempeño global de la línea, ya que su ritmo de producción es inferior al necesario para satisfacer la demanda diaria. La capacidad calculada para esta estación es de aproximadamente 295 piezas por día, mientras que la demanda requerida es de 364 piezas por día. En consecuencia, el proceso queda condicionado por una estación cuya velocidad de respuesta es menor al ritmo exigido por el cliente, lo que transforma a dicha operación en el cuello de botella del sistema.

La importancia de esta restricción no radica únicamente en que presenta el mayor tiempo de ciclo, sino en que se ubica en una etapa crítica del ensamble, donde se integra uno de los componentes terminales funcionales del producto. Esto implica que cualquier mejora en etapas anteriores no será suficiente para incrementar la salida del sistema si no se interviene directamente sobre esta operación. En términos de flujo, el sistema no puede producir por encima de la capacidad de su restricción, independientemente de la holgura existente en las demás estaciones.

Tabla 3.22. Comparación entre takt time y operación restrictiva

Comparación entre takt time y operación restrictiva	
Concepto	Valor
Tiempo takt requerido	90 segundos/pieza
CT de ensamble de conector rápido	110 segundos/pieza
Diferencia contra takt	20 segundos/pieza
Capacidad de la restricción	295 piezas/día

Demanda requerida	364 piezas/día
-------------------	----------------

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

La información anterior confirma que la línea se encuentra desbalanceada y que la operación de ensamble de conector rápido constituye la principal causa del incumplimiento potencial de la demanda.

3.8.2 Efecto de la restricción sobre el cumplimiento de la demanda

La existencia de una estación con un tiempo de ciclo superior al takt genera un efecto directo sobre la capacidad global del sistema. En el caso analizado, la brecha entre la capacidad de la restricción y la demanda requerida es de 69 piezas por día, lo que equivale aproximadamente a 1,518 piezas por mes bajo un calendario de 22 días hábiles. Este resultado permite afirmar que, en su estado actual, la línea no cuenta con la capacidad suficiente para responder de manera sostenida al requerimiento del cliente.

Desde una perspectiva operativa, esta diferencia implica que, aun cuando las demás operaciones sean capaces de procesar un mayor número de piezas, la producción total liberada por la línea seguirá limitada por la estación más lenta. Esta condición provoca que una parte del trabajo generado en etapas previas no pueda avanzar al mismo ritmo, produciendo acumulación de inventario en proceso y ampliando el tiempo total de permanencia del producto dentro del sistema.

El incumplimiento potencial de la demanda también tiene implicaciones sobre la estabilidad del proceso. Cuando una línea opera por debajo del ritmo requerido, es frecuente que se genere presión sobre la operación restrictiva, incremento de retrabajos por fatiga o manipulación acelerada, sobrecarga del operador y necesidad de implementar medidas reactivas para compensar el déficit productivo. Aunque en la condición actual todavía se dispone de un flujo definido y de una secuencia técnicamente correcta, la brecha entre demanda y capacidad revela una condición de desempeño insuficiente que justifica plenamente la necesidad de intervenir el proceso.

Tabla 3.23. Impacto de la restricción sobre el cumplimiento de la demanda

Impacto de la restricción sobre el cumplimiento de la demanda	
Indicador	Resultado
Demanda diaria requerida	364 piezas/día
Capacidad efectiva de la restricción	295 piezas/día
Brecha diaria	69 piezas/día
Brecha mensual	1,518 piezas/mes
Nivel de cumplimiento	81.04%
Déficit relativo	18.96%

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el cliente.

A partir de estos resultados, puede establecerse que el problema del proceso no es únicamente una diferencia aislada de segundos entre estaciones, sino una pérdida real de capacidad con impacto directo sobre el cumplimiento de producción.

3.8.3 Identificación de desperdicios en el flujo actual

El análisis del VSM actual permite identificar la presencia de varios desperdicios operativos que afectan la eficiencia del sistema. El primero y más evidente es el desperdicio por espera, asociado a la acumulación de piezas entre operaciones y a la diferencia de ritmos entre estaciones. Dado que la línea presenta una restricción en el ensamble de conector rápido, las piezas provenientes de etapas anteriores no pueden avanzar con continuidad, generándose tiempos muertos y permanencia innecesaria del producto dentro del flujo.

Relacionado con lo anterior, se identifica también desperdicio por inventario en proceso. El estado actual muestra acumulaciones intermedias a lo largo de la secuencia, con una concentración particularmente relevante antes de la operación restrictiva. Este comportamiento confirma que el sistema no mantiene un flujo uniforme, sino que funciona con desacoplamientos entre estaciones, provocando que el producto permanezca en espera más tiempo del estrictamente necesario.

Un tercer desperdicio corresponde al desbalance de línea, entendido como la diferencia significativa entre los tiempos de ciclo de las operaciones. Mientras varias estaciones presentan tiempos relativamente bajos en comparación con el takt, la operación de ensamble

de conector rápido excede claramente el ritmo requerido. Este desbalance provoca subutilización relativa de algunas estaciones y sobrecarga de otras, impidiendo que la línea opere como un sistema sincronizado.

También se observa la presencia de actividades que no agregan valor, particularmente en la proporción que existe entre el tiempo de transformación real del producto y el tiempo total de permanencia dentro del flujo. Aunque el contenido total de trabajo sobre la pieza es de 385 segundos, de los cuales 295 segundos pueden considerarse de valor agregado, el lead time total del sistema asciende a 3.74 días, lo que demuestra que la mayor parte del tiempo no corresponde a transformación efectiva, sino a espera, inventario y transferencia entre procesos.

Tabla 3.24. Desperdicios identificados en el estado actual

Desperdicios identificados en el estado actual		
Desperdicio identificado	Manifestación en la línea actual	Efecto sobre el sistema
Espera	Permanencia del producto entre estaciones	Incremento del lead time
Inventario en proceso	Acumulación antes y después de la restricción	Mayor capital retenido y menor fluidez
Desbalance de línea	Diferencia significativa entre CT y takt	Pérdida de sincronización del flujo
Tiempo no agregador de valor	Alta diferencia entre VA y lead time	Baja eficiencia del sistema
Subutilización relativa de capacidad	Estaciones con alta holgura frente a la restricción	Aprovechamiento desigual de recursos

Fuente: Elaboración propia

La identificación de estos desperdicios confirma que el problema del proceso no debe interpretarse exclusivamente como una estación lenta, sino como una condición integral de flujo ineficiente, donde la capacidad, la sincronización y el comportamiento del inventario se encuentran estrechamente relacionados.

3.8.4 Oportunidad de mejora detectada

Con base en el diagnóstico efectuado, la oportunidad de mejora más relevante se ubica en la operación de ensamble de conector rápido, debido a que constituye la restricción que limita la capacidad de salida de toda la línea. La intervención sobre esta estación representa la alternativa con mayor potencial para elevar el nivel de cumplimiento de la demanda, reducir la acumulación de inventario en proceso y mejorar la continuidad del flujo.

Desde el punto de vista técnico, esta oportunidad puede abordarse mediante distintas líneas de acción que serán analizadas en el capítulo de propuesta. Entre ellas destacan la estandarización del método de trabajo, la reducción del tiempo de ciclo mediante mejora de la secuencia operativa, la optimización ergonómica del puesto, la incorporación de dispositivos de apoyo al ensamble, el rediseño del balance de línea y la eliminación de movimientos innecesarios asociados a la manipulación del componente terminal. Cualquiera de estas alternativas, o la combinación de varias de ellas, tendría como propósito reducir el tiempo de ejecución de la operación hasta acercarlo o situarlo por debajo del takt requerido por el sistema.

De forma complementaria, la mejora de la restricción permitiría intervenir otros problemas observados en el flujo actual. Al incrementar la capacidad de la estación crítica, disminuiría la acumulación de material en proceso antes de dicha operación, se reducirían los tiempos de espera, se acortaría el lead time y mejoraría la eficiencia global del flujo. Por ello, la oportunidad de mejora detectada no se limita a incrementar la velocidad de una estación aislada, sino a restablecer la sincronización general del sistema productivo.

3.8.5 Planteamiento del problema

A partir del diagnóstico realizado, el problema central del proceso puede plantearse de la siguiente manera:

La línea de ensamble de manguera con válvula de purga presenta una condición de desbalance operativo que impide cumplir de forma sostenida con la demanda del cliente. Aunque la línea opera con un tiempo takt de 90 segundos por pieza, la operación de ensamble

de conector rápido requiere 110 segundos por pieza, convirtiéndose en la restricción principal del sistema. Esta condición limita la capacidad de salida a aproximadamente 295 piezas por día, valor inferior a la demanda de 364 piezas por día, lo que genera una brecha de 69 piezas diarias. Como consecuencia, se produce acumulación de inventario en proceso, incremento del lead time total del flujo y una baja eficiencia operativa, reflejada en una PCE de 0.24 %.

En términos de investigación, este planteamiento del problema justifica el desarrollo de una propuesta de mejora orientada a incrementar la capacidad de la restricción, balancear la línea y reducir los desperdicios asociados al flujo actual. De esta forma, el diagnóstico del estado actual no solo describe una condición operativa deficiente, sino que establece de manera objetiva la necesidad de rediseñar el proceso para mejorar su desempeño.

CAPITULO 4. PROPUESTA DE MEJORA Y DISEÑO DEL MAPA DE VALOR DEL ESTADO FUTURO

4.1 Introducción del capítulo

4.1.1 Propósito del capítulo

El presente capítulo tiene como finalidad desarrollar la propuesta de mejora para el proceso de ensamble de manguera con válvula de purga, tomando como base el diagnóstico efectuado en el capítulo anterior. A partir del análisis del estado actual, se identificó que la principal limitante del sistema productivo se concentra en la etapa de ensamble de los componentes terminales, particularmente en las operaciones de ensamble de válvula de purga y ensamble de conector rápido, las cuales presentan una elevada carga manual, tiempos de ciclo significativos y una influencia directa sobre la capacidad global de la línea.

En este sentido, el propósito central de este capítulo consiste en diseñar una alternativa de mejora orientada a incrementar la capacidad del proceso, reducir la variabilidad operativa y mejorar las condiciones de ejecución del ensamble. Para ello, se plantea una estación semiautomatizada que permita integrar en una sola operación el ensamble de la válvula de purga y del conector rápido, sustituyendo el método manual actual por un sistema asistido mediante dispositivos de posicionamiento, sujeción controlada y accionamiento neumático.

De manera complementaria, este capítulo tiene como objetivo demostrar, mediante un enfoque técnico y cuantitativo, que la mejora propuesta no solo representa una modificación conceptual del método de trabajo, sino una intervención con impacto directo en el desempeño del sistema. Por ello, además del desarrollo mecánico y funcional de la solución, se realizará el cálculo del nuevo tiempo de ciclo, la actualización de la capacidad del proceso y la construcción del mapa de flujo de valor del estado futuro.

4.1.2 Alcance de la propuesta de mejora

La propuesta de mejora se delimita específicamente a la zona del proceso donde actualmente se llevan a cabo las operaciones de ensamble de válvula de purga y ensamble de conector rápido. En la condición actual, ambas actividades se ejecutan de manera manual, en estaciones separadas y con tiempos de ciclo de 55 segundos y 110 segundos, respectivamente.

Esta condición provoca una concentración de carga operativa en el tramo terminal del ensamble y limita la capacidad del sistema frente a la demanda requerida.

El alcance del presente capítulo no contempla la modificación total de la línea de manufactura, sino la intervención puntual del tramo crítico del proceso mediante el rediseño del método de ensamble. Por tanto, las operaciones previas, como corte, formado, colocación de Techflex y colocación de abrazaderas, así como las operaciones posteriores, como colocación de abrazaderas de montaje, inserción de buje, etiquetado, inspección, prueba de fuga y empaque, se mantienen dentro de la lógica general del flujo. La mejora se concentra en sustituir dos operaciones manuales independientes por una sola operación semiautomatizada de ensamble terminal.

Bajo este enfoque, el alcance incluye la definición funcional de la solución, el diseño de la estación de ensamble, la selección de sus principales elementos mecánicos y neumáticos, la determinación del nuevo tiempo de ciclo y la representación del estado futuro mediante el VSM correspondiente. De esta manera, la propuesta se presenta como una intervención enfocada, técnicamente justificada y directamente vinculada con la restricción identificada en el estado actual.

4.1.3 Relación entre el diagnóstico actual y la propuesta

La propuesta de mejora surge de manera directa del análisis desarrollado en el Capítulo 3. En dicho capítulo se demostró que la línea de producción opera con un tiempo takt de 90 s por pieza, mientras que la operación de ensamble de conector rápido presenta un tiempo de ciclo de 110 s, valor superior al requerido para cumplir la demanda. De igual forma, se identificó que la operación de ensamble de válvula de purga, con un tiempo de 55 s, forma parte del mismo tramo de proceso y contribuye a concentrar una carga manual considerable en la fase terminal del ensamble.

A partir de esta condición, se determinó que la mejora más conveniente no debía orientarse únicamente a acelerar una estación aislada, sino a replantear el método completo de ensamble de los componentes terminales. Por ello, la propuesta presentada en este capítulo se fundamenta en la integración de ambas operaciones dentro de una misma estación, en la cual

el posicionamiento de la manguera, la válvula de purga y el conector rápido se realice de forma guiada y repetible, mientras que la fuerza principal de ensamble sea generada por actuadores neumáticos y no por esfuerzo directo del operador.

En consecuencia, la relación entre el diagnóstico y la propuesta es completamente estructural. El problema detectado en el estado actual no se limita a la existencia de un tiempo de ciclo elevado, sino a una condición de ensamble manual con alta dependencia de la ejecución humana, variabilidad en el método, riesgo ergonómico y capacidad insuficiente. La solución planteada responde precisamente a esos factores, convirtiendo el análisis del estado actual en la base técnica del rediseño futuro del proceso.

4.2 Fundamentación de la propuesta de mejora

4.2.1 Necesidad de intervención en el proceso actual

La necesidad de intervenir el proceso actual se justifica por la combinación de problemas operativos detectados en el análisis del flujo presente. En primer lugar, el ensamble manual de la válvula de purga y del conector rápido exige que el operador aplique fuerza directa sobre los componentes para lograr el acoplamiento, lo cual incrementa la carga física de la operación y puede afectar la consistencia del resultado. En segundo lugar, la ejecución manual introduce variabilidad en aspectos como alineación, profundidad de inserción, estabilidad de la manguera y repetibilidad del método, generando una dependencia elevada de la destreza individual del operador.

A esta condición se suma el hecho de que la operación de ensamble de conector rápido constituye el cuello de botella del sistema, al presentar un tiempo de ciclo mayor que el takt de la línea. Esto significa que el problema no es únicamente ergonómico o metodológico, sino también de capacidad productiva. Mientras esta condición no sea corregida, la línea continuará operando por debajo del ritmo requerido por la demanda, con acumulación de inventario en proceso antes de la restricción y con un impacto directo sobre el lead time del sistema.

Por lo tanto, la necesidad de intervención se sustenta en tres dimensiones complementarias: productividad, calidad de ejecución y ergonomía del proceso. Bajo esta lógica, la mejora

propuesta no debe entenderse como una automatización innecesaria, sino como una respuesta técnicamente coherente ante una restricción claramente identificada.

4.2.2 Criterios técnicos para la selección de la mejora

La selección de la mejora se realizó considerando criterios técnicos asociados al desempeño esperado del proceso. Entre los más relevantes se encuentran la reducción del tiempo de ciclo, la disminución del esfuerzo manual, la mejora en la alineación y posicionamiento de las piezas, la repetitividad del ensamble, la seguridad de operación, la viabilidad de manufactura del dispositivo y la facilidad de integración dentro de la línea existente.

Desde el punto de vista de productividad, la mejora debía ser capaz de reducir de forma significativa el tiempo requerido para el ensamble de los dos componentes terminales. Desde la perspectiva de calidad, era necesario asegurar que el nuevo método controlara con mayor precisión la orientación y el acoplamiento de la válvula de purga y del conector rápido. Desde el punto de vista ergonómico, la mejora debía disminuir la intervención directa de fuerza por parte del operador y transformar su papel hacia actividades de carga, posicionamiento y activación segura del ciclo.

Adicionalmente, la alternativa seleccionada debía ser técnicamente viable en términos de manufactura, montaje y mantenimiento. Esto implicaba diseñar una solución compacta, robusta, repetible y compatible con materiales, dispositivos y principios de construcción industrial razonables para un entorno de manufactura automatizada.

4.2.3 Justificación de una estación semiautomatizada de ensamble

Con base en los criterios anteriores, la solución más adecuada consiste en una estación semiautomatizada de ensamble. Esta alternativa permite combinar la flexibilidad de la intervención humana con la precisión y repetitividad de un sistema de asistencia mecánica y neumática. En lugar de eliminar por completo la participación del operador, el sistema redistribuye sus funciones hacia tareas de posicionamiento, aseguramiento y control del ciclo, mientras que la acción de inserción es ejecutada por actuadores diseñados para aplicar la fuerza requerida de manera estable y repetible.

La estación semiautomatizada ofrece ventajas importantes frente al método manual actual. En primer término, mejora la ergonomía de la operación, al reducir la necesidad de aplicar fuerza directa sobre los componentes. En segundo término, disminuye la variabilidad del proceso, ya que la alineación de la manguera y de los componentes terminales se define a través de nidos de posicionamiento y elementos guía. En tercer término, incrementa la seguridad y la estandarización, especialmente si se incorpora un sistema de accionamiento bimanual y un mecanismo de sujeción que mantenga la manguera estable durante el ensamble.

Por estas razones, la estación semiautomatizada se plantea como una solución integral, capaz de atender simultáneamente las causas del problema detectado en el estado actual y de generar una mejora medible en capacidad, estabilidad del flujo y calidad del proceso.

4.3 Definición de la propuesta de mejora

4.3.1 Integración de las operaciones de ensamble terminal

La propuesta de mejora consiste en integrar las operaciones de ensamble de válvula de purga y ensamble de conector rápido dentro de una sola estación de trabajo. En el método actual, ambas actividades se ejecutan por separado y de manera secuencial, lo que implica dos tiempos de ciclo independientes, dos etapas de manipulación principal y una alta participación del operador en el esfuerzo de inserción. En la propuesta futura, ambas uniones se realizarán dentro de un mismo dispositivo, con un método de trabajo más corto, más estable y mejor controlado.

La integración de ambas operaciones representa un cambio metodológico importante, ya que transforma el ensamble de dos estaciones manuales en una operación consolidada, asistida por elementos de posicionamiento y actuadores neumáticos. Esto permite que el sistema no dependa exclusivamente de la velocidad o habilidad del operador para lograr el acoplamiento de los componentes terminales, sino de una secuencia estandarizada en la que la geometría del dispositivo y la acción controlada de los cilindros aseguran la correcta ejecución del proceso.

Desde el punto de vista de flujo, esta integración también simplifica el tramo crítico de la línea, al eliminar una transferencia intermedia entre dos operaciones consecutivas y reducir el tiempo acumulado del ensamble terminal. Por ello, la mejora no solo impacta el método de trabajo, sino también la estructura operativa del VSM futuro.

4.3.2 Descripción general del nuevo método de ensamble

El nuevo método de ensamble se desarrolla sobre una estación semiautomatizada diseñada para recibir la manguera previamente preparada, es decir, con Techflex y abrazaderas ya colocadas, y posteriormente integrar en una sola operación la válvula de purga y el conector rápido. El dispositivo contará con un nido principal para la manguera, un nido específico para la válvula de purga, un nido específico para el conector rápido, un sistema de sujeción que evite el desplazamiento del conjunto y un sistema neumático encargado de ejecutar el ensamble simultáneo o coordinado de ambos extremos.

En este nuevo método, la función del operador se concentrará en colocar la pieza base dentro del nido, posicionar los dos componentes terminales en sus alojamientos respectivos, asegurar la manguera y activar el ciclo mediante mando bimanual. Una vez iniciado el ciclo, los cilindros neumáticos realizarán el movimiento de empuje controlado necesario para insertar ambos componentes en la manguera con la alineación y fuerza requeridas. Posteriormente, el sistema regresará a su posición inicial y el operador podrá retirar la pieza ensamblada para continuar con la siguiente operación del proceso.

Este enfoque reduce de forma importante la manipulación directa durante el ensamble, mejora la repetitividad y permite dividir claramente el ciclo en actividades manuales de preparación y actividades automáticas de inserción.

4.3.3 Secuencia operativa propuesta

Tabla 4.1. Secuencia operativa propuesta para la nueva estación

Secuencia operativa propuesta para la nueva estación	
Paso	Actividad

1	Colocación de la manguera en el nido principal
2	Posicionamiento de la manguera en referencias de apoyo
3	Sujeción de la manguera mediante clamp
4	Colocación de la válvula de purga en su nido
5	Colocación del conector rápido en su nido
6	Verificación visual de la posición correcta de los elementos
7	Accionamiento del ciclo mediante pulsadores bimanuales
8	Avance de los cilindros neumáticos y ejecución del ensamble
9	Retorno de actuadores a posición inicial
10	Liberación de clamp y retiro de la pieza ensamblada

Fuente: Elaboración propia

La secuencia anterior permite observar que el nuevo método redistribuye el contenido del trabajo. Las actividades previas al disparo del ciclo permanecen bajo control del operador, mientras que la operación crítica de inserción se traslada al sistema neumático. Esta lógica será fundamental en la siguiente sección, donde se hará el desglose temporal para justificar el nuevo tiempo de ciclo futuro.

4.3.4 Comparación entre método actual y método propuesto

La diferencia entre el método actual y la propuesta puede resumirse en los siguientes términos:

Tabla 4.2. Comparación entre el método actual y el método propuesto

Comparación entre el método actual y el método propuesto		
Elemento	Método actual	Método propuesto
Estructura del ensamble terminal	Dos operaciones separadas	Una operación integrada
Tipo de ejecución	Manual	Semiautomatizada

Aplicación de fuerza	Por el operador	Mediante cilindros neumáticos
Posicionamiento de piezas	Dependiente del operador	Guiado por nidos
Sujeción de la manguera	Limitada	Controlada mediante clamp
Riesgo de variación	Alto	Reducido
Carga ergonómica	Mayor	Menor
Potencial de reducción de CT	Bajo	Alto

Fuente: Elaboración propia

A partir de esta comparación, puede afirmarse que la propuesta no constituye únicamente una mejora incremental del puesto de trabajo, sino una reconfiguración del método de ensamble terminal. La solución futura modifica la forma de ejecutar la operación, reduce la dependencia del esfuerzo manual y crea las condiciones necesarias para alcanzar un tiempo de ciclo significativamente menor al del estado actual.

4.4 Diseño mecánico de la estación de ensamble

4.4.1 Requerimientos funcionales del dispositivo

La estación propuesta debe responder a las necesidades específicas del ensamble de la manguera con válvula de purga y conector rápido, por lo que su diseño no puede limitarse a ser un soporte físico, sino que debe funcionar como un sistema de posicionamiento, sujeción, guía y accionamiento controlado. El objetivo principal del dispositivo es asegurar que los tres elementos críticos del proceso manguera, válvula de purga y conector rápido mantengan una alineación geométrica adecuada durante el ciclo de ensamble, de tal manera que el acoplamiento se realice de forma repetible, con menor esfuerzo del operador y con menor probabilidad de error.

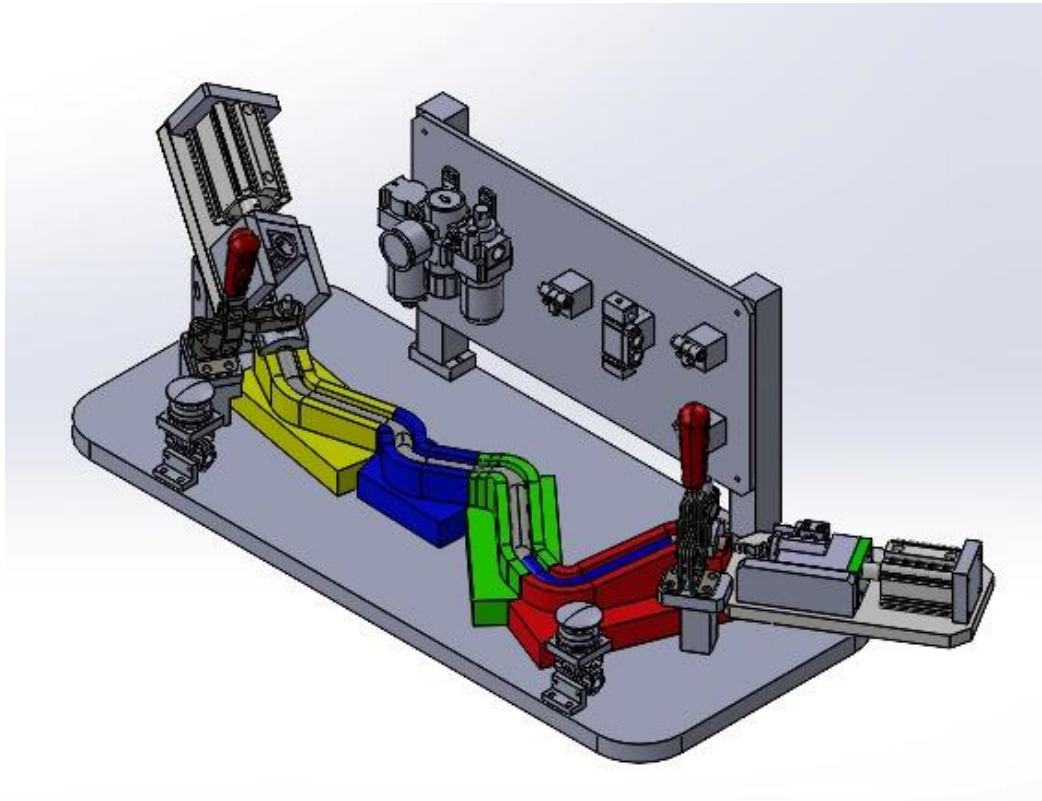
Desde el punto de vista funcional, el diseño debe cumplir con cinco condiciones principales. La primera es garantizar el posicionamiento preciso de la manguera y de los componentes terminales antes del ensamble. La segunda es impedir la contracción o desplazamiento de la manguera al momento de aplicar la fuerza axial de inserción. La tercera es incorporar elementos de Poka-Yoke que orienten la colocación correcta de las piezas y reduzcan la

posibilidad de ensamble incorrecto. La cuarta es ofrecer una operación segura y ergonómica, de manera que el operador participe en la carga, posicionamiento y activación del ciclo sin tener que ejercer la fuerza principal de acoplamiento. La quinta condición es aportar rigidez estructural y repetitividad, de modo que el sistema mantenga sus referencias geométricas a lo largo de los ciclos de trabajo.

Tabla 4.3. Requerimientos funcionales de la estación propuesta

Requerimientos funcionales de la estación propuesta		
Requerimiento	Necesidad operativa que atiende	Respuesta de diseño
Posicionamiento preciso	Asegurar alineación entre manguera y componentes terminales	Nidos específicos para cada elemento
Sujeción de la manguera	Evitar contracción y desplazamiento durante el empuje	Clamp mecánico y herramental de apoyo
Repetitividad del ensamble	Reducir variación por habilidad del operador	Geometrías guía y accionamiento neumático
Seguridad de operación	Evitar activaciones accidentales y reducir riesgo ergonómico	Mando bimanual y secuencia controlada
Rigidez estructural	Mantener precisión dimensional bajo carga	Base de aluminio, soportes y alojamientos rígidos

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Diseño propio

4.4.2 Diseño del nido de manguera

El nido de manguera constituye el elemento central de la estación, ya que sobre él se apoya el cuerpo principal del producto y se definen las referencias geométricas que condicionan la posición final de la válvula de purga y del conector rápido. En consecuencia, su diseño debe conservar la geometría previamente obtenida en la operación de formado, evitar deformaciones indeseadas del cuerpo flexible y mantener una trayectoria estable durante el ensamble de los extremos. Esto es especialmente importante porque en el proceso actual la manguera ya llega a esta etapa con curvatura definida, recubrimiento Techflex y abrazaderas previamente colocadas, por lo que el nido debe respetar esa condición y funcionar como una base de referencia para la operación integrada.

Para cumplir con lo anterior, el nido de manguera se propone en una configuración modular seccionada en cuatro partes. Esta decisión permite adaptar el apoyo a la trayectoria curva del producto, reducir el volumen total de material requerido y facilitar tanto la maquinabilidad como el mantenimiento del conjunto. Desde el punto de vista constructivo, la segmentación

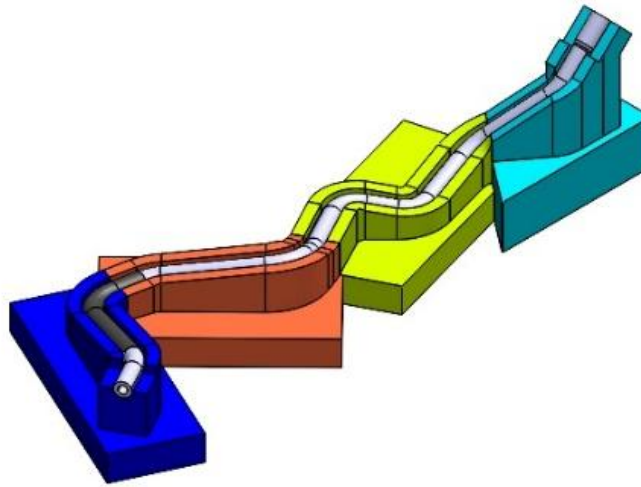
favorece la sustitución parcial en caso de desgaste o modificación, evitando rehacer una sola pieza monolítica de gran tamaño. Desde el punto de vista funcional, el arreglo modular mantiene la precisión del posicionamiento y asegura que la manguera conserve la forma requerida durante el ciclo de ensamble.

El material seleccionado para este nido es aluminio, debido a que combina bajo peso, buena maquinabilidad, resistencia adecuada y compatibilidad dimensional con el resto de la estación. Estas características facilitan la fabricación de cavidades y superficies de apoyo ajustadas a la geometría de la manguera, al tiempo que permiten mantener la rigidez necesaria para el trabajo repetitivo del sistema. Adicionalmente, el uso de aluminio contribuye a una estación más ligera, más limpia visualmente y más sencilla de mantener dentro de un entorno industrial.

Tabla 4.4. Criterios de diseño del nido de manguera

Criterios de diseño del nido de manguera	
Criterio	Aplicación en el diseño
Conservación geométrica	Mantener la curvatura previamente obtenida en el formado
Apoyo distribuido	Reducir concentraciones de esfuerzo sobre la manguera
Modularidad	Dividir el nido en cuatro partes para facilitar manufactura y mantenimiento
Precisión de referencia	Definir puntos estables para el ensamble de extremos
Compatibilidad con sujeción	Integrar zonas accesibles para clamp y herramental

Fuente: Elaboración propia

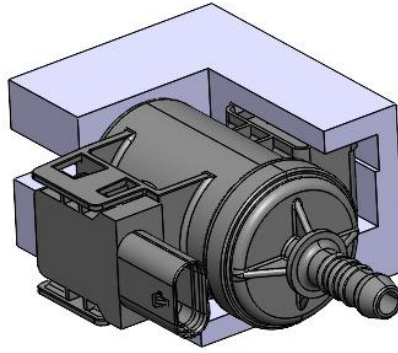


Fuente: Diseño propio

4.4.3 Diseño del nido para válvula de purga

El nido destinado a la válvula de purga debe asegurar que este componente permanezca en una posición estable, con la orientación correcta y con un acceso adecuado para el movimiento de empuje del cilindro correspondiente. Debido a la geometría de la válvula y a sus superficies de contacto, se propone un nido fabricado en una sola pieza, lo cual simplifica el proceso de maquinado y aumenta la rigidez del alojamiento. Esta configuración favorece un posicionamiento lateral estable, evita movimientos indeseados durante la carga de la pieza y facilita que el operador inserte la válvula de manera intuitiva y repetible.

Desde la perspectiva del diseño de proceso, este nido debe incorporar topes geométricos y superficies de apoyo que definan claramente la referencia axial y angular de la válvula de purga. De esta forma, la posición del componente deja de depender de la apreciación visual del operador y pasa a quedar determinada por la geometría del dispositivo. Este principio resulta especialmente relevante, ya que en el proceso actual una parte de la calidad del ensamble depende de la orientación y profundidad de inserción del componente terminal, variables que deben controlarse con mayor estabilidad en el estado futuro.

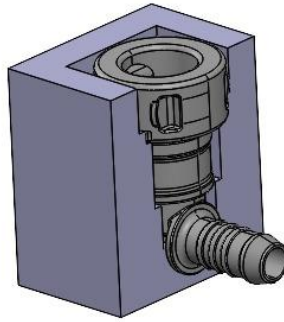


Fuente: Diseño propio

4.4.4 Diseño del nido para conector rápido

El nido correspondiente al conector rápido presenta mayores exigencias geométricas que el de la válvula de purga, debido a la forma del componente y a la necesidad de garantizar una alineación precisa con el eje de la manguera al momento del ensamble. Por esta razón, se propone una configuración de posicionamiento vertical, la cual favorece el centrado del componente, reduce la probabilidad de inclinación y mejora la coaxialidad entre el conector rápido y el extremo de la manguera. Esta decisión es particularmente importante porque en el proceso actual se verifica de manera explícita la correcta alineación del conector como condición de conformidad del ensamble.

Adicionalmente, el nido del conector rápido se plantea en dos partes, con el fin de facilitar su manufactura mediante equipo CNC de 3 ejes y permitir la correcta definición de superficies críticas sin restricciones de acceso para la herramienta. Esta solución no responde únicamente a una conveniencia de fabricación, sino también a un criterio de precisión, ya que la segmentación permite generar cavidades y referencias geométricas con mayor control dimensional. Como resultado, el nido no solo sostiene la pieza, sino que la guía hacia una posición adecuada para el ensamble repetitivo y confiable.



Fuente: Diseño propio

4.4.5 Sistema de sujeción de la manguera

Uno de los problemas más importantes a resolver dentro de la estación es la tendencia de la manguera a contraerse, flexionarse o desplazarse cuando se aplica la fuerza de empuje de los cilindros neumáticos. Si este fenómeno no se controla, la precisión del ensamble disminuye y se pierde repetitividad, aun cuando los nidos de los componentes terminales estén correctamente diseñados. Por ello, la propuesta incorpora un sistema de sujeción específico que asegure la manguera durante todo el ciclo de trabajo.

Después de evaluar distintas alternativas de sujeción, la solución seleccionada es un clamp mecánico tipo toggle, por ofrecer una combinación favorable de firmeza, rapidez de operación, repetitividad y costo. Este tipo de elemento permite asegurar la manguera en segundos, evita que el operador tenga que sostener la pieza manualmente y contribuye a que la fuerza de los cilindros se transmita hacia las zonas de ensamble y no hacia movimientos indeseados del cuerpo flexible. Además, el clamp mejora la ergonomía del puesto y disminuye la variación entre ciclos, ya que el aseguramiento deja de depender de la fuerza manual del operador.

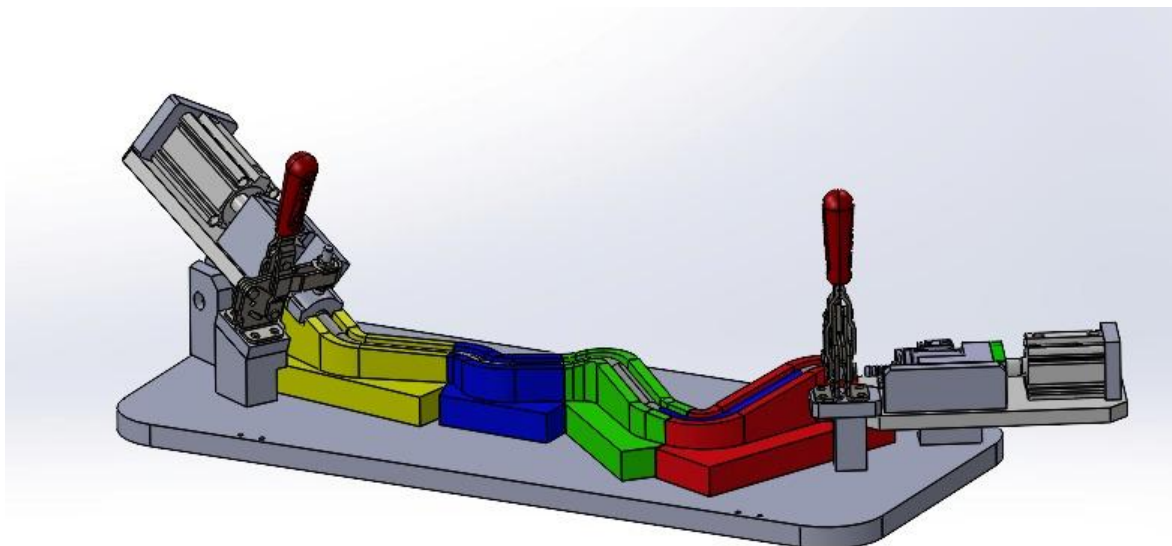
Para esta aplicación se propone el uso del clamp DESTACO 207-U, debido a su diseño compacto, robustez, facilidad de accionamiento y adecuada capacidad de sujeción para mantener la manguera fija sin deformarla de forma perjudicial. Como complemento, las bases de montaje del clamp se plantean en aluminio y fijadas directamente a la base principal de la estación, lo que permite realizar barrenados y ajustes con precisión. Asimismo, el

herramental de contacto con la manguera se plantea con una geometría ligeramente menor al diámetro exterior de esta, con el fin de mejorar el agarre sin comprometer su integridad superficial.

Tabla 4.5. Funciones del sistema de sujeción propuesto

Funciones del sistema de sujeción propuesto	
Elemento	Función principal
Clamp tipo toggle	Asegurar la manguera durante el ciclo de ensamble
Base de aluminio	Proporcionar rigidez y fijación estable del clamp
Herramental de contacto	Mejorar agarre sin dañar la superficie de la manguera
Integración con nido	Evitar desplazamiento axial y radial durante el empuje

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Diseño propio

4.4.6 Base estructural y elementos de soporte

La base estructural principal de la estación se plantea como una placa de aluminio de 1/2 pulgada de espesor (12.7 mm). Esta selección se justifica porque el aluminio presenta una combinación favorable de bajo peso, maquinabilidad, resistencia mecánica y comportamiento anticorrosivo, características especialmente convenientes en una estación compacta de ensamble semiautomatizado. El espesor de 1/2 pulgada proporciona rigidez suficiente para soportar la acción de los cilindros, mantener alineados los nidos y evitar deformaciones durante los ciclos repetitivos de trabajo.

A nivel estructural, la base principal funciona como el elemento que integra y alinea todos los componentes del sistema: nidos, clamps, postes, bases de cilindros y soporte del circuito neumático. Para unir las bases de los cilindros con la placa principal se proponen postes o pilares de aluminio, ya que este material mantiene compatibilidad con la base, facilita el maquinado y conserva la precisión geométrica del conjunto. Además, el uso de aluminio en nidos, base y soportes genera uniformidad térmica y visual, reduciendo problemas de expansión diferencial y facilitando el mantenimiento del sistema.

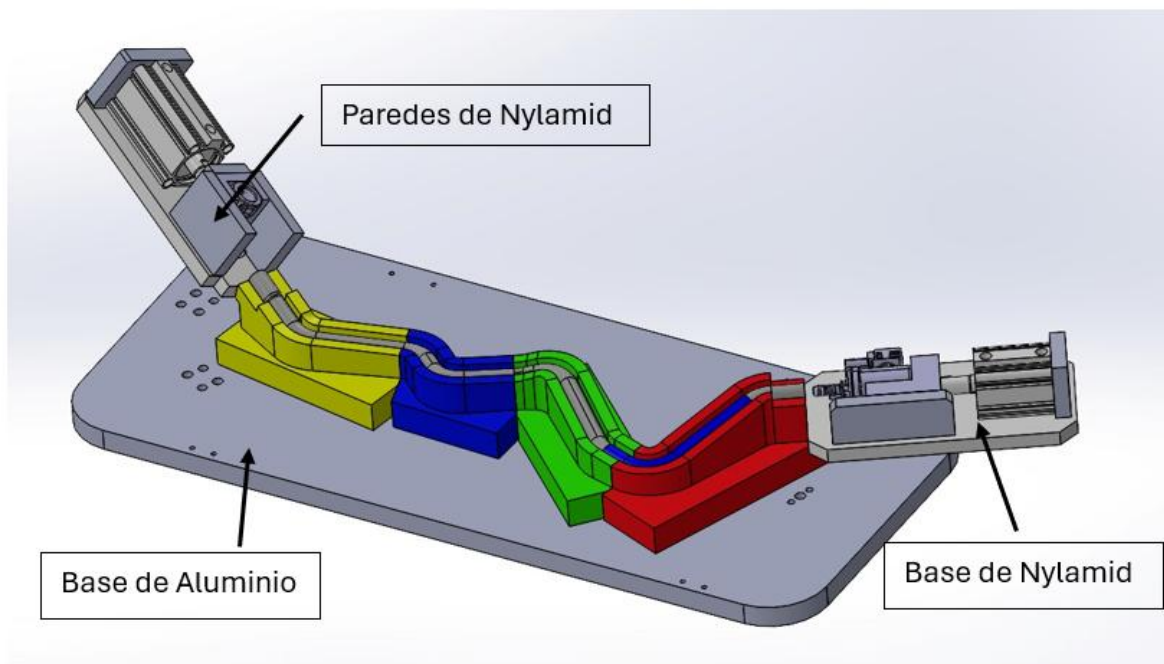
Por otro lado, las bases y paredes de soporte de los cilindros se proponen en Nylamid, material que ofrece alta resistencia mecánica, bajo peso, buena maquinabilidad, propiedades auto lubricantes y capacidad de absorber vibraciones. Estas características lo vuelven adecuado para alojar y guiar los cilindros, distribuir cargas y reducir desgaste en zonas de contacto repetitivo. En este diseño, el Nylamid no sustituye a la base principal, sino que complementa la estructura mediante elementos ligeros y funcionales que mejoran la estabilidad del sistema de empuje.

Finalmente, para la instalación ordenada de la unidad de mantenimiento, la válvula neumática y las conexiones del circuito, se plantea un soporte elevado basado en placa de aluminio y perfil de aluminio tipo Bosch, con el objetivo de organizar los componentes neumáticos, mejorar el acceso del operador y mantener una distribución limpia y profesional dentro de la estación. Esta solución también contribuye a separar el área de trabajo del área de control neumático, favoreciendo mantenimiento y seguridad.

Tabla 4.6. Materiales principales de la estación de ensamble

Materiales principales de la estación de ensamble		
Elemento	Material propuesto	Justificación principal
Nido de manguera	Aluminio	Precisión, bajo peso y maquinabilidad
Nido de válvula de purga	Aluminio	Rigidez y facilidad de maquinado
Nido de conector rápido	Aluminio	Precisión geométrica y durabilidad
Base principal	Aluminio	Rigidez estructural y estabilidad del sistema
Bases de clamp	Aluminio	Compatibilidad estructural y ajuste preciso
Postes de soporte	Aluminio	Ligereza y alineación geométrica
Bases y paredes de cilindros	Nylamid	Absorción de vibración, bajo peso y desgaste reducido

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

4.5 Dimensionamiento y selección de elementos neumáticos

4.5.1 Determinación de la fuerza requerida de ensamble

Una vez definido el arreglo mecánico de la estación, el siguiente paso consiste en determinar los requerimientos neumáticos necesarios para ejecutar el ensamble terminal de manera estable y repetible. Dado que el nuevo método sustituye el esfuerzo manual directo por actuadores neumáticos, fue necesario establecer la fuerza requerida para insertar la válvula de purga y el conector rápido en la manguera, así como el recorrido que cada actuador debe desarrollar para completar el acoplamiento.

Para fines de diseño, se establecieron los siguientes requerimientos de trabajo:

- Válvula de purga: Fuerza de ensamble de 250 N y recorrido de 30 mm.
- Conector rápido: fuerza de ensamble de 350 N y recorrido de 50 mm.

La diferencia entre ambos valores es coherente con la naturaleza del proceso, ya que el conector rápido representa el ensamble más exigente dentro del método actual y, por lo tanto, demanda una mayor fuerza y un mayor desplazamiento dentro del sistema propuesto. Esta condición es consistente con el hecho de que en el estado actual el ensamble del conector rápido presenta el mayor tiempo de ciclo y se comporta como la restricción del flujo.

Tabla 4.7. Parámetros base para el dimensionamiento de actuadores

Parámetros base para el dimensionamiento de actuadores		
Elemento por ensamblar	Fuerza requerida	Recorrido requerido
Válvula de purga	250 N	30 mm
Conector rápido	350 N	50 mm

Fuente: Elaboración propia

4.5.2 Cálculo del área y diámetro del pistón

Para dimensionar los actuadores neumáticos se parte de una presión de trabajo disponible de 4 bar, equivalente a:

$$P = 4 \text{ bar} = 400,000 \text{ Pa}$$

La relación fundamental entre fuerza, presión y área del pistón está dada por:

$$F = P * A$$

Despejando el área:

$$A = \frac{F}{P}$$

Y para obtener el diámetro del pistón se utiliza la relación geométrica del área del círculo:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Despejando el diámetro:

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

a) Cálculo para el cilindro de válvula de purga

$$A = \frac{250}{400,000} = 0.000625 \text{ m}^2$$

Conversión a milímetros cuadrados:

$$0.000625 \text{ m}^2 = 625 \text{ mm}^2$$

Diámetro equivalente:

$$D = \sqrt{\frac{4(625)}{\pi}} = 28.2 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el diámetro teórico mínimo requerido es de 28.2 mm. Sin embargo, dado que los cilindros se comercializan en medidas estándar y que en aplicaciones reales pueden existir pérdidas de presión, fricción y variaciones operativas, se selecciona el diámetro estándar inmediato superior de 32 mm.

b) Cálculo para el cilindro de conector rápido

$$A = \frac{350}{400,000} = 0.000875 \text{ m}^2$$

Conversión a milímetros cuadrados:

$$0.000875 \text{ m}^2 = 875 \text{ mm}^2$$

Diámetro equivalente:

$$D = \sqrt{\frac{4(875)}{\pi}} = 33.4$$

Por lo tanto, el diámetro teórico mínimo requerido es de 33.4 mm. Por la misma razón de seguridad y estandarización, se selecciona el diámetro estándar inmediato superior de 40 mm.

Tabla 4.8. Resultados del cálculo de actuadores

Resultados del cálculo de actuadores					
Elemento	Fuerza (N)	Presión (Pa)	Area requerida (mm ²)	Diámetro teórico (mm)	Diámetro seleccionado (mm)
Válvula de purga	250	400,000	625	28.2	32
Conector rápido	350	400,000	875	33.4	40

Fuente: Elaboración propia

4.5.3 Selección de cilindros neumáticos

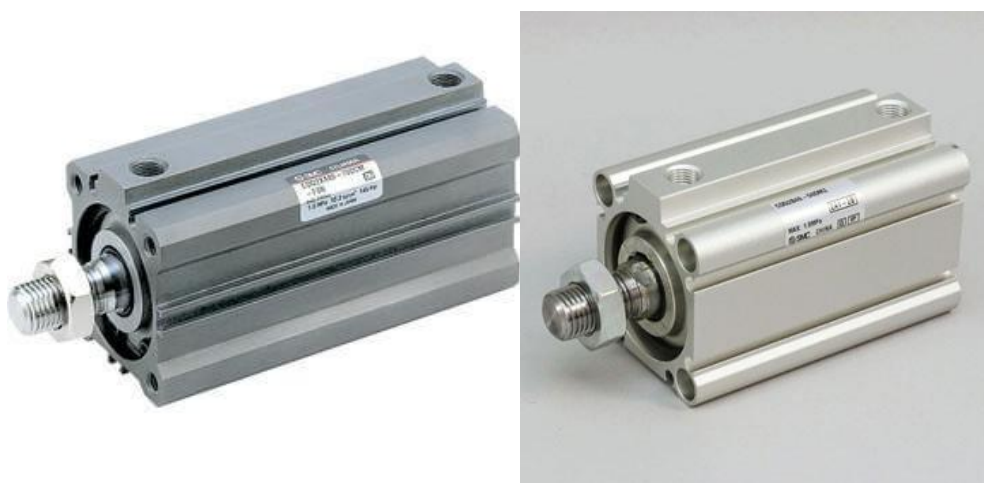
Con base en los resultados anteriores, se seleccionan cilindros neumáticos compactos de doble efecto, adecuados para integrarse a una estación de espacio reducido y capaces de desarrollar el recorrido y la fuerza requeridos para cada ensamble. Para la válvula de purga se propone el modelo SMC CDQ2B32-30DMZ, con diámetro de émbolo de 32 mm y carrera de 30 mm. Para el conector rápido se propone el modelo SMC CDQ2B40-50DMZ, con diámetro de émbolo de 40 mm y carrera de 50 mm. Ambos pertenecen a la misma familia de cilindros compactos, lo que simplifica la integración y el mantenimiento del sistema.

Desde el punto de vista técnico, esta selección resulta adecuada por varias razones: los cilindros son de doble efecto, lo que permite controlar tanto el avance como el retorno del vástago; presentan una construcción compacta, favorable para una estación de ensamble; y mantienen un margen de seguridad sobre la fuerza teórica requerida, reduciendo la sensibilidad a variaciones menores de presión. Además, el uso de una misma serie para ambos actuadores mejora la uniformidad del diseño, facilita la adquisición de refacciones y aporta consistencia al comportamiento dinámico de la estación.

Tabla 4.9. Cilindros seleccionados para la estación

Cilindros seleccionados para la estación					
Función		Modelo propuesto	Diámetro	Carrera	Tipo
Ensamble de válvula de purga	de	SMC CDQ2B32-30DMZ	32 mm	30 mm	Doble efecto
Ensamble de conector rápido	de	SMC CDQ2B40-50DMZ	40 mm	50 mm	Doble efecto

Fuente: Elaboración propia



Fuente: <https://www.monotaro.com/g/00251999/?srsltid=AfmBOopnEpT4qPWiPwo089hAamZH2KVN8HPbws7FQVuMkquGssThUPRr>

4.5.4 Selección de válvula, unidad de mantenimiento y accesorios

Para alimentar y controlar los cilindros de la estación se propone un circuito neumático compuesto por unidad de mantenimiento, válvula direccional principal, pulsadores neumáticos, racores, conexiones tipo T, silenciadores, reguladores de caudal y manguera neumática. La función de este conjunto es asegurar aire limpio y estable, controlar el movimiento de los actuadores y permitir un ajuste fino de las velocidades de avance y retorno.

Como unidad de acondicionamiento de aire se propone la SMC AC20-N02G-Z-A, cuya función es filtrar impurezas y regular la presión antes de alimentar el resto del circuito. Su ubicación al inicio del sistema permite que válvula, pulsadores y cilindros trabajen bajo aire acondicionado y presión estable, lo que mejora la repetitividad del ciclo y protege los elementos internos del sistema neumático.

Como válvula principal de conmutación se propone la SMC SYA5120-01, encargada de dirigir el aire hacia las cámaras de ambos cilindros de doble efecto para ejecutar el avance y retorno de los vástagos. La lógica del circuito contempla además dos pulsadores neumáticos 3/2 normalmente cerrados con retorno por resorte, operados bajo esquema bimanual, con lo cual se incrementa la seguridad de la operación y se evita la activación accidental del ciclo.

Como accesorios complementarios se consideran: cuatro racores 1/4" NPT, tres conexiones tipo T para manguera de 6 mm, dos silenciadores para puertos de escape, cuatro reguladores de caudal unidireccional y la manguera neumática correspondiente al trazado del circuito. También se plantea montar la unidad de mantenimiento y la válvula sobre un soporte elevado fabricado en aluminio y perfil Bosch, con el fin de ordenar el sistema y facilitar el acceso para ajuste y mantenimiento.

Tabla 4.10. Componentes neumáticos principales del sistema

Componentes neumáticos principales del sistema		
Elemento	Cantidad	Función principal
Unidad de mantenimiento SMC AC20-N02G-Z-A	1	Filtrado y regulación del aire

Válvula principal SMC SYA5120-01	1	Conmutación del circuito de actuadores
Pulsadores neumáticos 3/2 NC	2	Mando bimanual de seguridad
Racores 1/4" NPT	4	Conexiones selladas del circuito
Conectores tipo T para 6 mm	3	Distribución de líneas
Silenciadores	2	Reducción de ruido en escapes
Reguladores de caudal	4	Ajuste de velocidad de actuadores
Manguera neumática 6 mm	Según instalación	Conducción de aire

Fuente: Elaboración propia

4.5.5 Configuración del sistema neumático

La configuración propuesta del circuito parte del suministro de aire comprimido, el cual pasa primero por la unidad de mantenimiento para ser filtrado y regulado. A partir de este punto, el aire acondicionado alimenta los pulsadores neumáticos y la válvula direccional principal. Cuando el operador acciona de forma simultánea ambos pulsadores, se habilita el mando de la válvula, la cual conmuta y distribuye el aire hacia las cámaras de trabajo de los dos cilindros de doble efecto. Mediante conexiones tipo T, el circuito reparte el flujo hacia ambos actuadores, mientras los reguladores de caudal permiten ajustar la velocidad de desplazamiento para estabilizar el ciclo de ensamble.

Esta configuración ofrece tres ventajas principales. En primer lugar, permite un accionamiento seguro, ya que requiere participación bimanual del operador. En segundo lugar, posibilita un movimiento sincronizado y controlado de los cilindros, esencial para el correcto acoplamiento de la válvula de purga y del conector rápido. En tercer lugar, facilita el ajuste fino del ciclo, permitiendo que la estación no solo desarrolle la fuerza requerida, sino que lo haga con estabilidad, repetitividad y un comportamiento adecuado para su integración dentro del flujo de producción.

4.6 Determinación del tiempo de ciclo futuro

4.6.1 Desglose del método propuesto

Una vez definido el diseño mecánico de la estación y seleccionados sus elementos principales, el siguiente paso consiste en determinar el nuevo tiempo de ciclo de la operación futura. Para ello, se parte del método propuesto, en el que la válvula de purga y el conector rápido dejan de ensamblarse en dos estaciones manuales independientes y pasan a integrarse en una sola estación semiautomatizada.

El nuevo método de trabajo considera que la manguera llega a esta etapa con las operaciones previas ya realizadas, es decir, con el recubrimiento protector y las abrazaderas de banda elástica colocadas. A partir de ese punto, el operador ejecuta actividades de posicionamiento y aseguramiento, mientras que la fuerza principal de ensamble es generada por los cilindros neumáticos. Esta redistribución del trabajo permite separar claramente el ciclo en dos grupos:

Tiempo manual, asociado a carga, acomodo, aseguramiento y retiro

Tiempo automático, asociado al avance y retorno controlado de los actuadores

Bajo esta lógica, el desglose propuesto del método de trabajo es el siguiente.

Tabla 4.11. Desglose del método propuesto de ensamble terminal

Desglose del método propuesto de ensamble terminal			
Numero	Actividad	Tipo de tiempo	Tiempo (segundos)
1	Colocación de la manguera en el nido principal	Manual	6
2	Acomodo de la manguera en referencias geométricas	Manual	3
3	Accionamiento del clamp de sujeción	Manual	4
4	Colocación de la válvula de purga en su nido	Manual	5

5	Colocación del conector rápido en su nido	Manual	6
6	Verificación visual de posición y alineación	Manual	3
7	Accionamiento bimanual del ciclo	Manual	1
8	Avance de cilindros y ensamble simultáneo	Automático	9
9	Retorno de cilindros a posición inicial	Automático	3
10	Liberación de clamp y retiro de la pieza ensamblada	Manual	2

Fuente: Elaboración propia

4.6.2 Cálculo del tiempo manual y tiempo automático

Con base en el desglose anterior, el tiempo manual total se obtiene sumando las actividades ejecutadas directamente por el operador:

$$T_{manual} = 6 + 3 + 4 + 5 + 6 + 3 + 1 + 2$$

$$T_{manual} = 30 \text{ segundos}$$

Por su parte, el tiempo automático se obtiene sumando el tiempo requerido por el sistema neumático para ejecutar el ensamble y regresar a posición inicial:

$$T_{auto} = 9 + 3$$

$$T_{auto} = 12 \text{ segundos}$$

Tabla 4.12. Resumen del contenido del ciclo futuro

Resumen del contenido del ciclo futuro	
Componente de ciclo	Tiempo
Tiempo manual	30 segundos
Tiempo automático	12 segundos

Tiempo total de ciclo futuro	42 segundos
------------------------------	-------------

Fuente: Elaboración propia

Este desglose refleja que el operador ya no dedica el ciclo a aplicar fuerza de inserción de manera directa, sino a preparar, posicionar y liberar la pieza. La actividad crítica de acoplamiento se traslada al sistema neumático, lo cual explica la reducción importante del tiempo total.

4.6.3 Determinación del tiempo de ciclo futuro

El tiempo de ciclo futuro de la nueva estación se obtiene mediante la suma del tiempo manual y el tiempo automático:

$$CT_f = T_{manual} + T_{auto}$$

Sustituyendo valores:

$$CT_f = 30 + 12$$

$$CT_f = 42 \text{ segundos/pieza}$$

Este resultado muestra que la mejora propuesta permite reducir el tiempo del tramo crítico del proceso desde 165 s en el estado actual hasta 42 s en el estado futuro.

La reducción absoluta es:

$$\Delta CT = 165 - 42 = 123 \text{ segundos}$$

La reducción porcentual se calcula como:

$$\%Reduccion = \frac{165 - 42}{165} \times 100$$

$$\%Reduccion = 74.55\%$$

Tabla 4.13. Comparación del tiempo de ciclo del ensamble terminal

Comparación del tiempo de ciclo del ensamble terminal		
Concepto	Estado actual	Estado futuro

Ensamble de válvula de purga	55 segundos	-
Ensamble de conector rápido	110 segundos	-
Tramo total de ensamble terminal	165 segundos	42 segundos
Reducción absoluta	-	123 segundos
Reducción porcentual	-	74.55%

Fuente: Elaboración propia

La mejora obtenida es técnicamente coherente con el rediseño del método, ya que en el estado actual el tiempo se consume en dos operaciones manuales independientes, mientras que en la condición futura el trabajo se simplifica a un solo ciclo con posicionamiento guiado y ensamble neumático. Los tiempos actuales de 55 segundos y 110 segundos corresponden al proceso base ya definido.

4.6.4 Capacidad futura de la estación mejorada

Una vez determinado el nuevo tiempo de ciclo, se calcula la capacidad futura de la estación propuesta utilizando el tiempo disponible diario de la línea:

$$Cap_f = \frac{T_d}{CT_f}$$

Donde:

$$T_d = 32,400 \text{ segundos/día}$$

$$CT_f = 42 \text{ s/pza}$$

Sustituyendo:

$$Cap_f = \frac{32,400}{42} = 771.43 \text{ piezas/día}$$

Por lo tanto, la nueva estación de ensamble terminal presenta una capacidad teórica de:

$$771 \text{ piezas/día}$$

Comparando con la demanda diaria:

$$Demanda = 364 \text{ piezas/día}$$

Se obtiene un margen positivo de capacidad de:

$$771 - 364 = 407 \frac{\text{piezas}}{\text{día}}$$

Tabla 4.14. Capacidad futura de la estación integrada

Capacidad futura de la estación integrada	
Indicador	Resultado
Tiempo disponible diario	32,400 segundos/día
Tiempo de ciclo futuro	42 segundos/pieza
Capacidad futura de la estación	771 piezas/día
Demanda diaria requerida	364 piezas/día
Margen positivo de capacidad	407 piezas/día

Fuente: Elaboración propia

Esto demuestra que la estación propuesta deja de ser una restricción frente al takt de la línea. En efecto:

$$42 \text{ segundos/pieza} < 90 \text{ segundos/pieza}$$

Por lo tanto, el nuevo método no solo cumple con la demanda, sino que genera una holgura suficiente para eliminar el cuello de botella que actualmente existe en el ensamble terminal. El tiempo disponible diario y el takt de 90 segundos por pieza forman parte de la base operativa del proceso actual.

4.7 Construcción del VSM futuro

4.7.1 Reconfiguración del flujo de material

En el estado futuro, el flujo de material se modifica al sustituir dos operaciones consecutivas por una sola estación integrada de ensamble terminal. En términos de representación del VSM, esto implica eliminar una caja de proceso y un inventario intermedio, simplificando la secuencia del flujo y reduciendo el tiempo de permanencia del producto en la zona crítica.

La secuencia futura del proceso queda estructurada de la siguiente manera:

Tabla 4.15. Secuencia del proceso en el estado futuro

Secuencia del proceso en el estado futuro		
Numero	Operación futura	CT (segundos)
1	Recepción e inspección de materiales	20
2	Corte de manguera	12
3	Formado de manguera	18
4	Colocación de Techflex	10
5	Colocación de abrazaderas de banda elástica	15
6	Ensamble semiautomatizado de válvula de purga y conector rápido	42
7	Colocación de abrazaderas de montaje	25
8	Colocación de buje de goma	35
9	Colocación de etiqueta	15
10	Inspección final	20
11	Prueba de fuga o hermeticidad	40
12	Empaque	10

Fuente: Elaboración propia

Con esta reconfiguración, el tiempo total de proceso del estado futuro se calcula de la siguiente forma:

$$T_{proc,f} = 20 + 12 + 18 + 10 + 15 + 42 + 25 + 35 + 15 + 20 + 40 + 10$$

$$T_{proc,f} = 262 \text{ segundos}$$

En consecuencia, el tiempo total de proceso se reduce de 385 s a 262 s, con una reducción absoluta de:

$$385 - 262 = 123 \text{ segundos}$$

y una reducción porcentual de:

$$\frac{123}{385} \times 100 = 31.95\%$$

4.7.2 Reconfiguración del flujo de información

En el estado futuro, el flujo de información conserva la lógica general de programación de la línea, ya que la demanda del cliente, el tiempo disponible y la liberación diaria de producción no se modifican. Sin embargo, la mejora sí impacta la manera en que la orden de producción se traduce al flujo físico, pues el tramo más restrictivo del proceso deja de operar como dos estaciones manuales y pasa a funcionar como una sola estación con mayor capacidad y mejor repetitividad.

Por ello, en el VSM futuro el flujo de información mantiene:

- Demanda del cliente
- Programación diaria
- Control de producción
- Liberación a la línea
- Embarque diario

La diferencia central no está en la estructura administrativa del flujo, sino en la respuesta del sistema productivo frente a esa programación. El estado futuro permite una ejecución más estable de la orden de producción, al reducir la dependencia de la habilidad manual del operador en la zona crítica del ensamble.

4.7.3 Lead time y eficiencia del flujo futuro

Como parte del diseño del VSM futuro, se propone también una reducción del inventario en proceso derivada de la eliminación del cuello de botella terminal y de la simplificación del flujo. En la condición futura, los inventarios se reconfiguran de la siguiente manera:

Tabla 4.17. Inventario en proceso del estado futuro

Inventario en proceso del estado futuro		
Punto de flujo	Inventario (piezas)	Días de inventario
Materia prima liberada antes de línea	120	0.33
Entre operación 1 y 2	40	0.11
Entre operación 2 y 3	30	0.08
Entre operación 3 y 4	20	0.05
Entre operación 4 y 5	15	0.04
Entre operación 5 y 6	20	0.05
Entre operación 6 y 7	20	0.05
Entre operación 7 y 8	25	0.07
Entre operación 8 y 9	15	0.04
Entre operación 9 y 10	10	0.03
Entre operación 10 y 11	15	0.04
Entre operación 11 y 12	10	0.03
Producto terminado previo a embarque	60	0.16

Fuente: Elaboración propia

La suma total del inventario futuro es:

$$Inv_f = 400 \text{ piezas}$$

Con una demanda diaria de 364 piezas, el lead time futuro queda:

$$LT_f = \frac{400}{364} = 1.10 \text{ dias}$$

Por lo tanto:

$$LT_f = 1.10 \text{ dias}$$

Este resultado muestra una reducción importante frente al estado actual de 3.74 días.

La reducción del lead time se calcula como:

$$\%Red_{LT} = \frac{3.74 - 1.10}{3.74} \times 100$$

$$\%Red_{LT} = 70.59\%$$

Tabla 4.18. Comparación del lead time

Comparación del lead time		
Indicador	Estado actual	Estado futuro
Inventario total en flujo	1,360 piezas	400 piezas
Lead time	3.74 días	1.10 días
Reducción de inventario	-	70.59%
Reducción de lead time	-	70.59%

Fuente: Elaboración propia

En términos de eficiencia del flujo, la Process Cycle Efficiency futura se calcula a partir del tiempo de valor agregado del nuevo proceso. En el estado futuro, el tiempo de valor agregado total es:

$$TV_{A,f} = 12 + 18 + 10 + 15 + 42 + 25 + 35 + 15$$

$$TV_{A,f} = 172 \text{ segundos}$$

Convirtiendo el lead time futuro a segundos productivos:

$$LT_{f,seg} = 1.10 \times 32,400 = 35,640 \text{ segundos}$$

La PCE futura es:

$$PCE_f = \frac{172}{35,640} \times 100 = 0.48\%$$

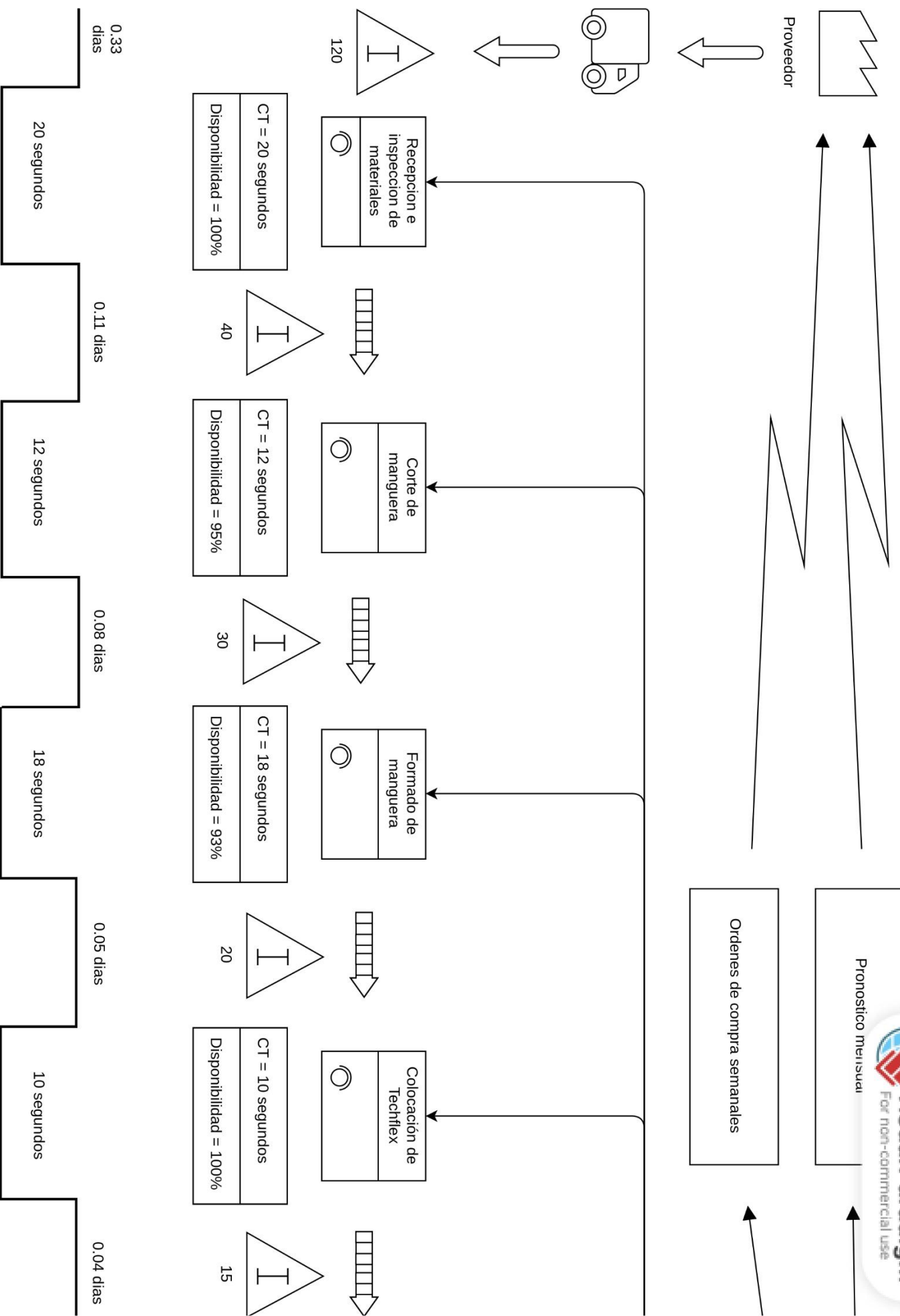
Tabla 4.19. Eficiencia del flujo en el estado futuro

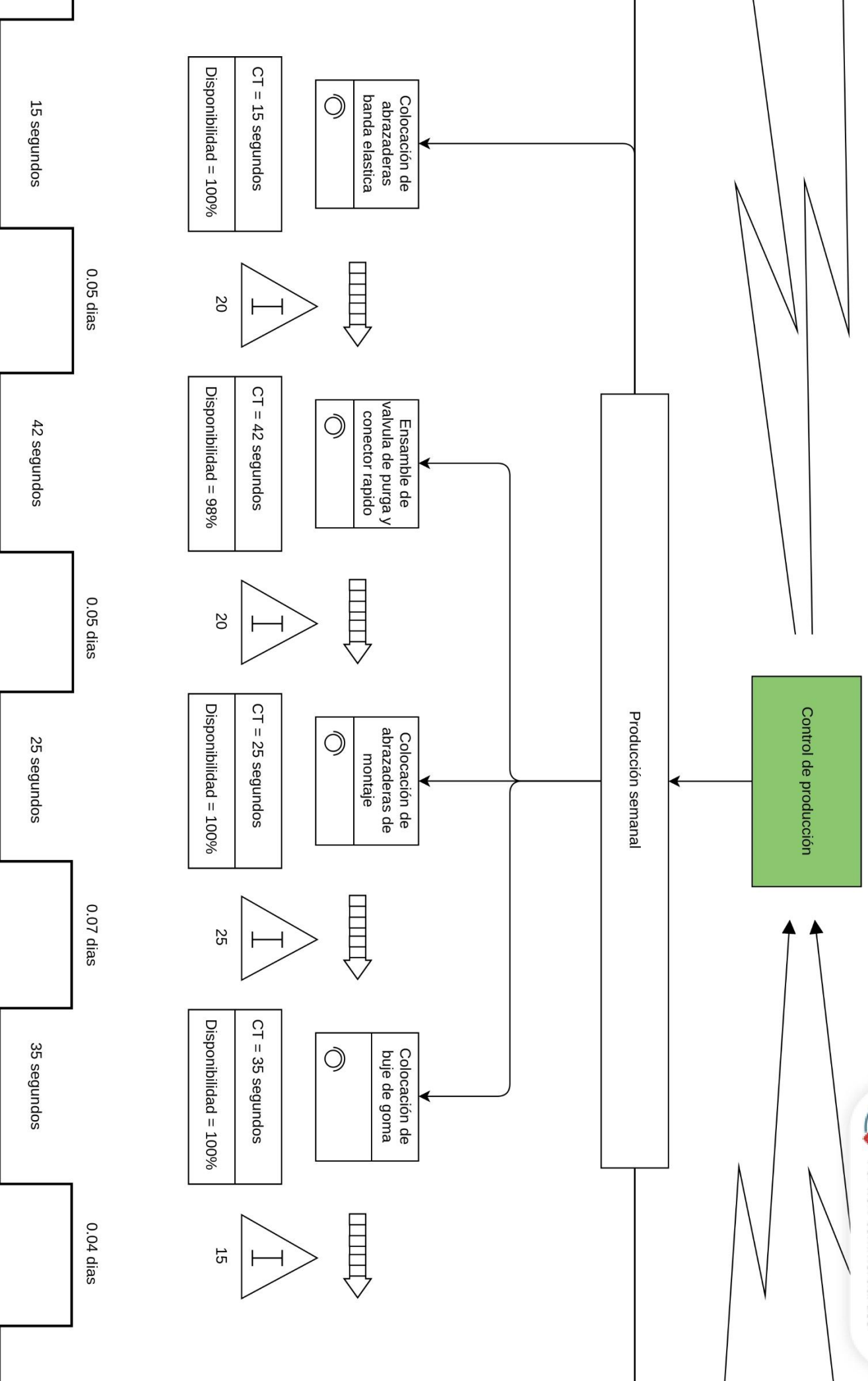
Eficiencia del flujo en el estado futuro	
Indicador	Resultado

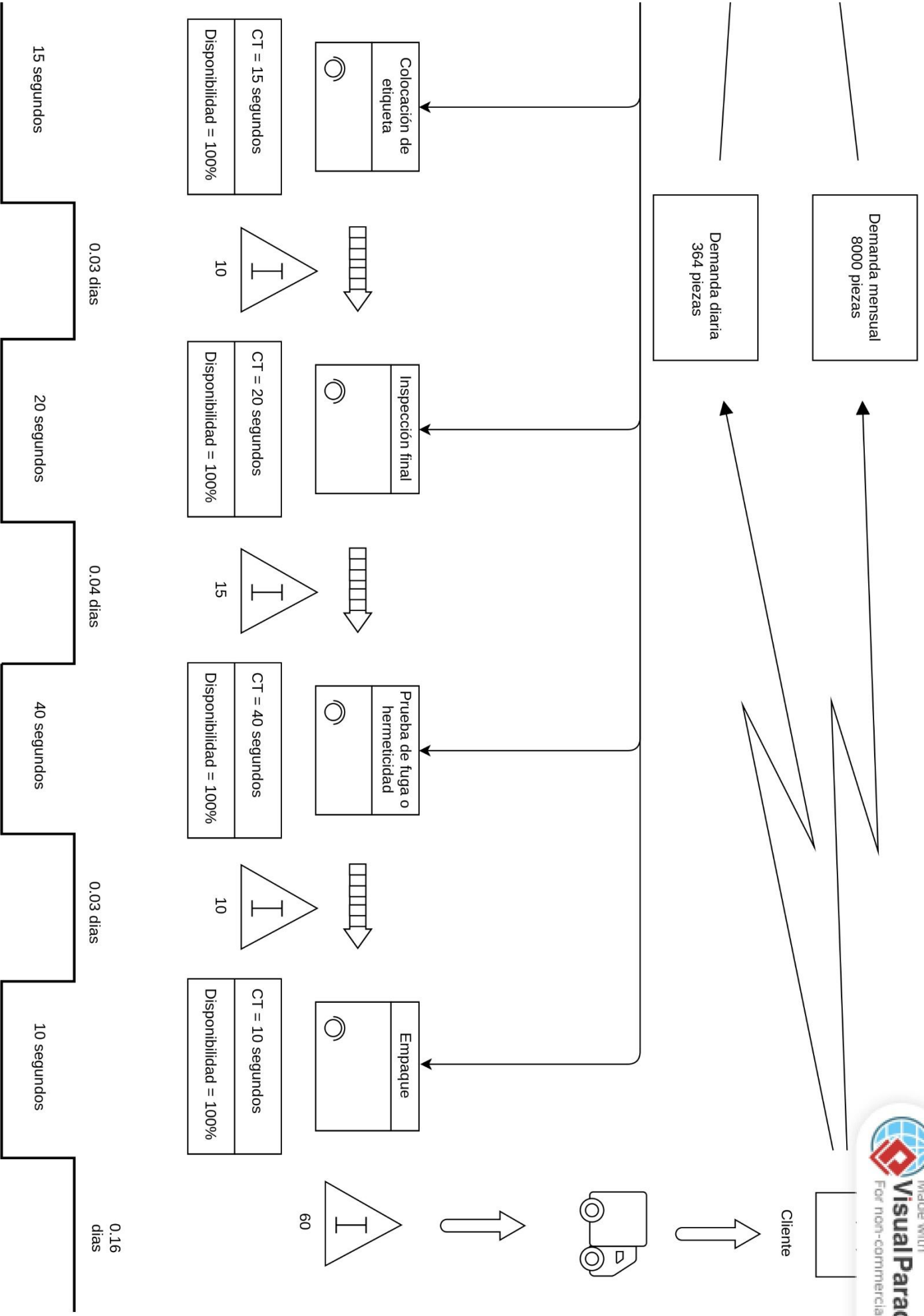
Tiempo de valor agregado futuro	172 segundos
Lead time futuro	1.10 días
Lead time equivalente	35,640 segundos
PCE futura	0.48%

Fuente: Elaboración propia

Aunque la PCE sigue siendo baja, presenta una mejora clara frente al estado actual, ya que el flujo reduce significativamente la acumulación de inventario y el tiempo de permanencia del producto en el sistema.







4.8 Evaluación comparativa entre estado actual y estado futuro

4.8.1 Comparación de tiempos de ciclo

La comparación entre ambos estados muestra que el mayor cambio se concentra en el tramo de ensamble terminal. En el estado actual, las operaciones de ensamble de válvula de purga y ensamble de conector rápido suman 165 segundos, mientras que en el estado futuro ambas se consolidan en una sola operación de 42 segundos. Esto representa una reducción de 123 segundos y una mejora de 74.55 % en el tiempo de ciclo del tramo intervenido. Los tiempos actuales de 55 segundos y 110 segundos corresponden al proceso base previamente definido.

Tabla 4.20. Comparación de tiempos de ciclo del tramo crítico

Comparación de tiempos de ciclo del tramo crítico		
Concepto	Estado actual	Estado futuro
Ensamble de válvula de purga	55 segundos	-
Ensamble de conector rápido	110 segundos	-
Estación integrada de ensamble terminal	-	42 segundos
Tiempo total del tramo	165 segundos	42 segundos
Reducción porcentual	.	74.55%

Fuente: Elaboración propia

4.8.2 Comparación de capacidad de producción

En la condición actual, la estación más restrictiva de la línea corresponde al ensamble de conector rápido, con una capacidad aproximada de 295 piezas por día, insuficiente frente a la demanda de 364 piezas por día. En el estado futuro, la nueva estación alcanza una capacidad teórica de 771 piezas por día, superando ampliamente el requerimiento del cliente. El tiempo disponible y la demanda diaria base del proceso permanecen sin cambio.

Tabla 4.21. Comparación de capacidad del proceso

Comparación de capacidad del proceso		
Indicador	Estado actual	Estado futuro

Capacidad del tramo crítico	295 piezas/día	771 piezas/día
Demanda diaria	364 piezas/día	364 piezas/día
Condición respecto a demanda	No cumple	Cumple con holgura

Fuente: Elaboración propia

4.8.3 Comparación de inventario en proceso y lead time

Otra diferencia importante entre ambos estados es la reducción del inventario en proceso. En el estado actual, el flujo acumulaba 1,360 piezas distribuidas a lo largo de la línea, mientras que en el estado futuro se proyecta un inventario total de 400 piezas. Como consecuencia, el lead time disminuye de 3.74 días a 1.10 días, lo que representa una mejora significativa en continuidad del flujo y una menor permanencia del producto dentro del sistema.

Tabla 4.22. Comparación de inventario y lead time

Comparación de inventario y lead time		
Indicador	Estado actual	Estado futuro
Inventario total en flujo	1,360 piezas	400 piezas
Lead time	3.74 días	1.10 días
Reducción de inventario	-	70.59%
Reducción de lead time	-	70.59%

Fuente: Elaboración propia

4.8.4 Impacto esperado en ergonomía, calidad y repetitividad

Además de los resultados cuantitativos, la mejora propuesta genera beneficios cualitativos importantes. En primer lugar, reduce la carga ergonómica del puesto, ya que el operador deja de aplicar la fuerza principal de ensamble. En segundo lugar, mejora la repetitividad del proceso al incorporar nidos de posicionamiento, clamp de sujeción y una secuencia neumática controlada. En tercer lugar, disminuye la probabilidad de errores de alineación y de ensamble, al trasladar la referencia geométrica del proceso desde la habilidad manual del operador hacia la arquitectura del dispositivo.

En términos generales, el estado futuro no solo mejora tiempos y capacidad, sino que establece un método más estable, más controlado y robusto para la integración de la válvula de purga y del conector rápido.

4.9 Resultados

4.9.1 Resultados esperados de la mejora

El desarrollo de este capítulo permitió formular una propuesta de mejora enfocada en la etapa más crítica del proceso de ensamble de manguera con válvula de purga, específicamente en el tramo correspondiente al ensamble de la válvula de purga y del conector rápido. A partir del diagnóstico del estado actual, se planteó una estación semiautomatizada capaz de integrar ambas operaciones dentro de una sola secuencia de trabajo, sustituyendo el método manual previo por un sistema con posicionamiento guiado, sujeción controlada y accionamiento neumático. Los tiempos base del estado actual para estas dos operaciones son de 55 segundos y 110 segundos, respectivamente

Desde el punto de vista técnico, la propuesta permitió redefinir el método de ensamble, establecer los requerimientos funcionales del dispositivo, dimensionar sus elementos mecánicos y neumáticos, y justificar la selección de los principales componentes de la estación. Como resultado de este rediseño, el tiempo de ciclo del tramo crítico se redujo de 165 segundos a 42 segundos, lo cual representa una disminución de 123 segundos por pieza y una mejora de 74.55 % respecto al método actual. Esta reducción constituye el principal efecto cuantitativo de la propuesta, ya que elimina la condición restrictiva que limitaba la capacidad del proceso.

A partir de dicho tiempo de ciclo futuro, se determinó que la nueva estación alcanzaría una capacidad teórica de 771 piezas por día, valor muy superior a la demanda diaria de 364 piezas. En consecuencia, la operación integrada deja de comportarse como cuello de botella y pasa a convertirse en una estación con holgura suficiente para responder al ritmo requerido por el cliente. Esto implica que la mejora no solo corrige una deficiencia puntual de tiempo, sino que modifica favorablemente la condición global de capacidad de la línea.

Tabla 4.23. Resumen de resultados esperados de la propuesta

Resumen de resultados esperados de la propuesta			
Indicador	Estado actual	Estado futuro	Mejora esperada
Tiempo del ensamble terminal	165 segundos	42 segundos	74.55%
Capacidad del tramo crítico	295 piezas/día	771 piezas/día	476 piezas/día
Demanda diaria	364 piezas/día	364 piezas/día	Cumplimiento total
Inventario total en flujo	1,360 piezas	1.10 días	70.59%
Lead time	3.74 días	1.10 días	70.59%
Condición de la restricción	Existe	Eliminada	Mejora estructural

Fuente: Elaboración propia

4.9.2 Vinculación con la etapa de implementación y validación

Los resultados obtenidos en este capítulo proporcionan una base técnica suficiente para avanzar hacia una etapa posterior de implementación y validación de la propuesta de mejora. Haber definido el concepto de la estación, sus elementos mecánicos, el sistema neumático, la lógica de operación y el nuevo tiempo de ciclo permite que la propuesta no se limite a una idea general, sino que quede estructurada como una solución técnicamente desarrollada y cuantitativamente justificada.

En términos metodológicos, la validación futura de la propuesta deberá orientarse a verificar que el comportamiento real de la estación coincida con los valores proyectados en este capítulo. Para ello, será necesario evaluar al menos cuatro dimensiones principales: tiempo de ciclo real de la operación integrada, repetitividad del ensamble, desempeño ergonómico del puesto de trabajo y calidad del producto ensamblado. Esta validación será fundamental para confirmar que la mejora proyectada en el VSM futuro se traduce efectivamente en beneficios observables dentro del entorno productivo.

Asimismo, una etapa de implementación permitiría ajustar parámetros operativos como velocidad de cilindros, presión de trabajo, posición de nidos, fuerza de sujeción del clamp y

secuencia de interacción del operador con la estación. Tales ajustes no modificarían la esencia de la propuesta, sino que permitirían afinar su desempeño y asegurar que el sistema opere con estabilidad bajo condiciones reales de producción.

Desde la perspectiva de la investigación, la relevancia de este capítulo radica en que conecta de manera lógica el diagnóstico del estado actual con una alternativa concreta de solución. Mientras que el Capítulo 3 permitió identificar el problema, cuantificar la restricción y evidenciar la pérdida de eficiencia del flujo, el Capítulo 4 desarrolló una propuesta capaz de intervenir directamente esa condición, mostrando el efecto esperado sobre capacidad, inventario, lead time y estabilidad operativa. De este modo, el trabajo mantiene una secuencia metodológica coherente: diagnóstico, diseño de solución y proyección de mejora.

Finalmente, puede afirmarse que la propuesta planteada constituye una alternativa viable para optimizar el proceso de ensamble de manguera con válvula de purga, ya que responde de forma directa a la causa principal del problema, mejora el desempeño del sistema y establece una base sólida para una posible implementación industrial futura.

4.9.3 Síntesis final del capítulo

En síntesis, el Capítulo 4 permitió transformar el diagnóstico del problema en una solución concreta de ingeniería. La propuesta de integrar el ensamble de la válvula de purga y del conector rápido en una estación semiautomatizada no solo reduce el tiempo de ciclo de la zona crítica, sino que mejora la capacidad de respuesta del sistema, disminuye la acumulación de inventario en proceso y fortalece la estabilidad del flujo productivo. Bajo esta lógica, la mejora planteada no debe entenderse como una modificación aislada del puesto de trabajo, sino como una intervención estratégica sobre la restricción principal del sistema de manufactura.

REFERENCIAS

- Amisaday, L. A., & Zamora, H. (2016). *MAPEO DE PROCESOS*.
- Arellano Vera Alan. (2019). *Mapeo de procesos y su impacto*.
- Benitez López, G., Cruz Chavez, M., & Valdez Pérez, M. D. L. A. (2023). Mapeo de Procesos como una Alternativa para la Optimización y Mejora del Flujo de Operaciones en una Empresa Granelera Internacional. *Revista Internacional de Diversidad En Organizaciones, Comunidades y Naciones*, 2(2), 1–17.
<https://doi.org/10.18848/2770-5439/cgp/v02i02/1-17>
- Cabrera Calva, R. C. (2020). *VALUE STREAM MAPPING*.
- García Cantó Mónica, & Amador Gandía Antonio. (2019). *CÓMO APLICAR “VALUE STREAM MAPPING” (VSM)*. 8(2), 68–83. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2019>
- García, D. (2020). *MAPEO DE PROCESOS Y SU ALCANCE*.
- Global Standards. (2023). *MAPA DE FLUJO DE VALOR*.
- Khan, M. A., Hussain, T., Usama, L. &, & Mughal, K. (2020). *Potential of Lean Tool of Value Stream Mapping (VSM) in Manufacturing Industries*.
- Macías García, M., Alvarez Delgado, J., Rojas Fernández, C., Grosso Dolarea, S., Martínez Snacho, M., Sánchez García, M., & Barcala Lechugo, E. (2007). *Guía para identificación y análisis de procesos. V01*.
- Moreno Castillo, D. C., Grimaldo León, G. E., & Salamanca Molano, M. C. (2018). *El Mapa de la Cadena de Valor como herramienta de diagnóstico de sistemas productivos. Caso: línea de producción láctea* (Vol. 39).
- Pardo J.M. (2012). *GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE UN MAPA DE PROCESOS*.
- Rojas Hernández, D., Acosta Rodríguez, L. A., Pelegrin Mesa Aristides, Santana Duarte Héctor, & Vega Zárate César. (2024). *Mapeo de procesos como herramienta de*

gestión para la creación de valor en la industria electrónica. *REVISTA ESTRATEGIA ORGANIZACIONAL*, VOL. 14. <https://doi.org/10.22490/issn.2539-2786>

Sánchez Barros Luis Alberto, & Moreno Beltrán Antonio Plácido. (2023). *Diseño y Aplicación de la Herramienta VSM en una Empresa del Sector Aeronáutico*.

UNAM. (2022). *Mejora de procesos y proyecto integrador*.

Villalobos López, J. L. (2020). *Actividad de aprendizaje 3. Procedimientos y mapeo de procesos*.