UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ESCANEO ÁGIL EN UNA LÍNEA DE ENSAMBLAJE CHILENA

IGNACIO ANTONIO GONZÁLEZ FIGUEROA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA :LUIS YÁÑEZ SANDIVARI

PROFESOR CORREFERENTE: :JAVIER SCAVIA DAL POZZO

SANTIAGO DE CHILE, 24 DE JULIO, 2019

RESUMEN EJECUTIVO

La presente memoria presenta la implementación de una metodología de origen Neo-Zelandés, denominada "*Quick Scan Audit Methodology*", que busca realizar un mapeo a nivel de empresa, de planta (puerta a puerta) o a nivel de proceso de una cadena de valor o bien, la serie de actividades que transforman una materia prima en un bien final por el cual el cliente estaría dispuesto a pagar un precio monetario. El objetivo de la metodología es antes que nada, distinguir aquéllas actividades en la cadena que agregan valor y aquéllas que no agregan valor al cliente y que por lo tanto deben eliminarse y luego, generar un plan de acción a nivel táctico-estratégico en un período de tiempo acotado.

La metodología utiliza como herramienta de análisis principal el mapeo de flujos de valor (VSM), donde se identifican los procesos, roles, inventarios transitivos, tiempos de operación, lead times, entre otra información que permite identificar el punto crítico de donde se hallan los desperdicios más importantes y donde debe realizar un enfoque detallado para hallar oportunidades de mejoramiento.

Dado que la digitalización se ha convertido en un tema muy presente en la actualidad se propone además, una adición a la metodología que consiste en cuantificar el desperdicio logístico de información mediante el uso de indicadores de desempeño para empresas cuyo enfoque de negocio se centra en la información más que en lo tangible.

La metodología propuesta se ha implementado en distintas localidades alrededor del mundo aparte de Nueva Zelanda donde los outputs han variado significativamente según ciertos factores como cultura, el tipo de empresa, su enfoque de gestión y la frontera definida para el escaneo, sin embargo, la metodología aún no se ha implementado en países de América Latina. Por lo tanto, en esta memoria se explicará a modo de ejemplo la implementación de la metodología en una empresa chilena de desabollado y pintado de vehículos con una cadena de procesos de tipo assembly-line.

El beneficio final esperado para esta empresa es lograr que se maximice la tasa productiva componiendo el tiempo de actividad en procesos que agreguen valor al producto semi-elaborado y con la redacción de esta memoria se espera por un lado, mostrar los resultados obtenidos tras implementar la metodología de la forma en que se va desenvolviendo en el ejemplo previamente propuesto y por otro lado, que la metodología se pueda transferir a otras empresas chilenas de distintas naturalezas[1] donde hayan oportunidades de mejoramiento.

[1] Empresas con distintas estrategias de gestión, por ejemplo: enfoque en proceso, producto, líneas de ensamblaje, etc.

Contenido

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 6

CAPÍTULO I: OBJETIVOS 8

1.1. Objetivo general 8

1.2. Objetivos Específicos 8

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 9

2.1. La Metodología Q.S.A.M. 9

2.1.1. Día 1: Presentación Preliminar 10

2.1.2. Día 2: Desarrollar una vista en conjunto del estado de la cadena de suministro 13

2.1.3. Día 3: Lluvia de ideas de inhibidores predominantes en la cadena de suministro 14

2.1.4. Día 4: Recolectar información para los test de hipótesis 14

2.1.5. Día 5: Analizar la recolección 15

2.1.6. Día 6: Presentación de Feedback 16

2.2. Flujos de Cadena de Valor 17

2.2.1. Definición 17

2.2.2. Etapas Tradicionales 25

2.2.3. Etapas Post-Digitalización 27

2.3. Antecedentes en la experiencia de la internacionalización de Q.S.A.M. 35

CAPÍTULO III: DESARROLLO 36

3.1. Puesta en práctica de la metodología 36

3.1.1. Introducción a la empresa 36

3.1.2. Mapeo del proceso de negocios 36

3.1.3. Lluvia de ideas de los mayores inhibidores 45

3.1.4. Investigación detallada en el punto crítico 47

3.2. Resultados 50

3.2.1. Validación de hipótesis 50

3.2.2. Nueva teoría de gestión y presentación final del Feedback 57

CONCLUSIONES **60**

ANEXOS **65**

ANEXO A 65

ANEXO B 66

ANEXO C 67

ANEXO D 68

ANEXO D 69

ANEXO E 70

REFERENCIAS **72**

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Una cadena de suministro comprende un sinnúmero de actividades dentro de una empresa que ofrece bienes tangibles o intangibles a un cliente que está dispuesto a pagar un monto monetario por lo que considera valioso dentro de dicho bien. Bien el cliente tiene bastante claro cuáles son los atributos de valor de un bien que consume no tiene el mismo nivel de conocimiento de cuales son aquellas actividades dentro de la cadena de suministro que ayudaron a construir el valor de este bien, lo cual es aceptable. No lo es tanto cuando los trabajadores e incluso los altos ejecutivos de la empresa que produce este bien no tiene capacidad de discernir cuales son aquellas actividades de la cadena que contribuyen al valor del producto y las actividades que no contribuyen e incluso podrían destruir este valor.

Existen empresas y, en su mayoría, nuevas pymes que no tienen mucha trayectoria en su respectiva industria o cuyo personal no posee mucha experiencia o conocimiento para llevar a cabo una óptima gestión, tal como es el caso de muchas empresas de países que están en vías de desarrollo como Chile. Afortunadamente, el valor de un producto no es un concepto nuevo, es más, está altamente desarrollado en ciertos países del extranjero donde se ha encontrado exitosamente cómo maximizar las actividades que añaden valor a la cadena, lo cual abre a la oportunidad de transferir algunas de sus iniciativas a Chile, tomando en cuenta las variables que podrían surgir por temas de internacionalización.

En base a la problemática planteada anteriormente que hace alusión a las actividades de una cadena suministro divididas en la capacidad de contribución al valor de un producto

final habría que preguntarse las siguientes interrogativas: ¿Qué metodologías hay disponibles preferiblemente en el extranjero para hacer más eficiente una cadena de suministro? ¿Qué diferencias fundamentales afloran al internacionalizarlo? ¿Se pueden concretar planes de acción de mejora a beneficio de la empresa nacional donde se podría implementar?

CAPÍTULO I: OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Comprobar la forma en que se lleva a cabo la implementación de una metodología extranjera para aumentar la eficiencia de la cadena de suministro de una línea de ensamblaje nacional.

1.2. Objetivos Específicos

Investigar acerca de distintas metodologías extranjeras disponibles que velan por el aumento de la eficiencia de una cadena de suministro.

Implementar la metodología extranjera encontrada en una empresa nacional de tipo assembly-line.

Encontrar los puntos críticos de la cadena de suministro correspondiente y buscar formas de aprovechar las oportunidades de mejoramiento.

Proponer un plan de acción que le proporcione un beneficio a la empresa nacional donde se implementó la metodología.

Tomar nota de factores que se vuelven visibles al momento de implementar una metodología extranjera en el país.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. La Metodología Q.S.A.M.

Todo sistema operativo de producción es fácilmente mejorable si se aplican conceptos de Gestión de Calidad Total, de mejora continua, de Mantenimiento Productivo Total, o "Lean Manufacturing", que se define como el modelo de gestión enfocado a la creación de flujo para poder entregar el máximo valor para los clientes, utilizando para ello los mínimos recursos necesarios.

Una metodología de la gestión de calidad total que propone Chapa (2013) consiste un diagnóstico completo de la red logística mediante el modelo denominado QSAM (Quick Scan Audit Methodology) o en español "Metodología de Rápido Escaneo y Revisión" el cual permite, desde la auditoría logística, identificar y diagnosticar el nivel de madurez de la red logística de una empresa e identificar brechas entre su nivel de desempeño. Adicionalmente, producto del output de la metodología propuesta, se reconocen las brechas de la red logística y se identifican las múltiples oportunidades de mejora, las cuales se segmentan cualitativamente de acuerdo a dos criterios preponderantes: La rapidez de la implementación y el impacto esperado.

La metodología QSAM consta de dos fases generales, primero se halla el **aprendizaje de acciones (Action Learning)** que consiste en evaluar las características y desempeño de flujos de valor específicos, por otro lado se encuentra la **definición de la teoría de gestión (New Management Theory)** que se construye con información codificada emanando de una muestra de outputs del QSAM para evaluar estadísticamente cualquier contribución

factible a la nueva teoría de gestión. Se busca que durante la investigación, emerjan otras salidas poderosas incluyendo la definición de la(s) mejor(es) práctica(s) y la identificación de las más preferidas y exitosas trayectorias para el cambio.

Un equipo de auditoría ideal se debe conformar de cuatro investigadores expertos y un "Business Champion". Es esencial que este equipo sea representativo del proceso de negocio que se está estudiando y también se muestra la posibilidad de que otros participantes secundarios podrían adherirse al equipo, de otra forma sería difícil realizar un mapeo adecuado de los flujos de material e información relevantes con una certeza suficiente.

La metodología completa, una vez identificada la cadena de suministro candidata y alcanzado el convencimiento del "Business Champion", tiene una duración de 6 días o un poco más dependiendo del tamaño de la empresa y la complejidad de los procesos de producción. Sigue una secuencia de pasos (Ver Anexo A) donde cada día correspondería a una etapa:

2.1.1. Día 1: Presentación Preliminar

La presentación preliminar explica el propósito de QSAM y destaca los objetivos específicos a todo el personal involucrado en la metodología, es decir, el equipo de investigadores y el "Business Champion". Tiene una duración de media jornada.

Las líneas representativas de producción son entonces seleccionadas para un análisis más en profundidad. Un plan de entrevistas es desarrollado y cuestionarios otorgados al personal más aplicable.

El equipo QSAM obtiene una primera impresión en los procesos con valor agregado visitando el sitio de operación o "gemba". Aquí se toma nota de los denominados "Quick Hits" que corresponden a aquellos síntomas que son los más evidentes al momento de visitar el "gemba".

Finalmente, el "Business Champion" es encomendado para apoyar en las preguntas y ponerse de acuerdo con fechas propuestas para presentar el Feedback en la etapa final. Estas preguntas[2] son claves para obtener la información basal acerca del desempeño y el desperdicio de cada actividad dentro la cadena:

1. **Tiempo TAKT**: Es el tiempo ideal promedio que transcurre entre el comienzo de la producción de una unidad y el comienzo de la producción de la unidad siguiente. Corresponde al cociente entre el tiempo disponible de producción diario y la demanda diaria.
2. **Tiempo de Ciclo Individual**: Es el tiempo promedio real requerido de cada operación del proceso, se mide cronometrando la etapa entre el instante en que se comenzó la actividad y el instante en que se terminó o bien, el cociente entre el tiempo disponible diario y la unidades producidas en el día.

[2] Según la empresa en que se aplica la metodología, podrían haber respuestas a estas preguntas claves que sean despreciable para el estudio de la misma forma en que puede haber otros tipos de información que pueden ser relevantes y que sin embargo, no se mencionan en este ítem.

Es importante notar que el tiempo de ciclo individual debe ser menor que el tiempo TAKT con tal de suplir la demanda, el problema es determinar cuánto menor.

3. **Tiempo de Ciclo Total**: Corresponde al tiempo que transcurre entre el comienzo de la primera etapa de un ciclo de producción y el término de la última etapa. También llamado Lead Time de Fabricación.
4. **Tiempo de previsión de necesidades del cliente**: También llamado Lead Time GAP, corresponde a la diferencia entre el Lead Time de Pedido que es aquel destinado para realizar el pedido del cliente.
5. **Tiempo de entrega logística**: También llamado Lead Time Logístico corresponde al tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso de producción hasta que se completa, incluyendo el tiempo requerido para entregar ese producto al cliente final.

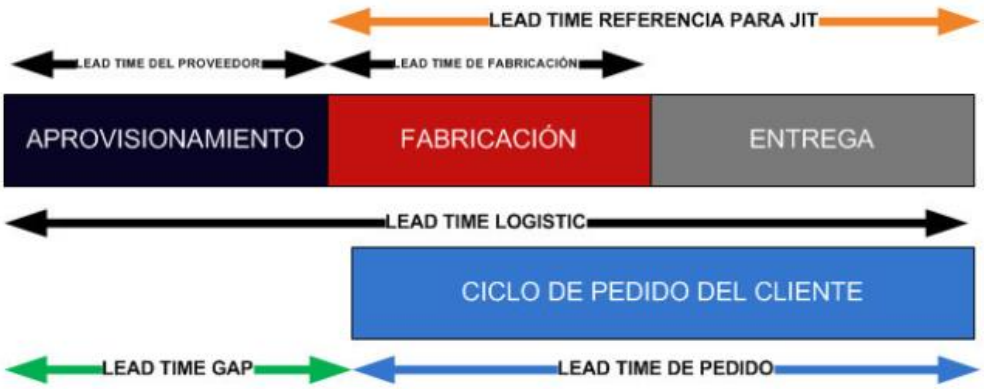

Figura 1.1: *Especificación de todos los Lead Times presentes en una cadena de suministro.*

2.1.2. Día 2: Desarrollar una vista en conjunto del estado de la cadena de suministro

En esta fase se bosquejan dos mapas fundamentales, un mapa del flujo de proceso de negocio y un mapa del flujo de valor. Construir ambos mapas requiere una jornada completa como mínimo. En la primera mitad del día los miembros del equipo organizan la información de la cadena de suministro recolectada a partir del cuestionario anterior y construyen así, un mapa de proceso incluyendo flujos de material e información.

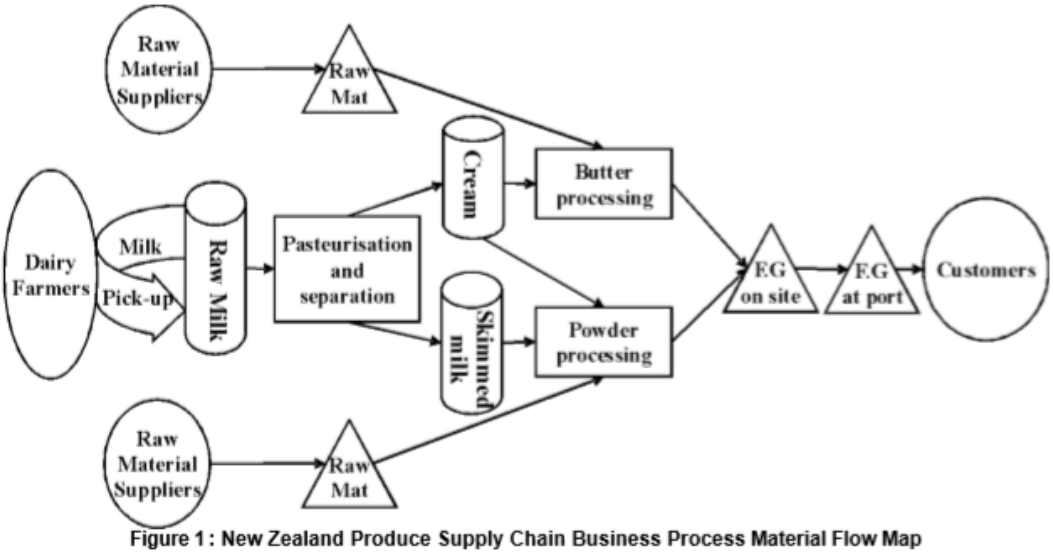

Figure 1 : New Zealand Produce Supply Chain Business Process Material Flow Map

Figura 1.2.: *Ejemplo de un mapa de la cadena de suministro de una procesadora neozelandesa de lácteos, contiene proveedores, cliente final, procesos y materiales.*

Para la segunda mitad del día, el equipo se dedica al desarrollo de un mapa de cadena de valor (VSM) superponiendo el mapa de proceso que incluye los procesos fundamentales de negocio construido en la primera mitad de la jornada (Ver Anexo B y Anexo C).

2.1.3. Día 3: Lluvia de ideas de inhibidores predominantes en la cadena de suministro

Para la tercera etapa, una sesión de lluvia de ideas se lleva a cabo para identificar y documentar la mayor cantidad de primeras impresiones positivas y negativas posible. Tiene una duración de media jornada y se realiza off-site[3].

Durante la sesión de Brainstorming hay mejor disposición para catalogar los "Quick Hits" dentro de los 7 tipos de despilfarros o Mudas establecidos por Taiichi Ohno, quien fue considerado el padre del Sistema de Producción Toyota en la década de los sesenta.

Es importante no dudar de la validez de las sugerencias en esta etapa y a la vez mantener las impresiones a disposición. De estas impresiones, las hipótesis son entonces planteadas y afloran nuevos requerimientos de información para justificar estas hipótesis.

2.1.4. Día 4: Recolectar información para los test de hipótesis

Aquí comienza el segundo día de la recolección de información en la planta. El equipo QSAM se concentra en coleccionar y analizar información que valida la hipótesis establecida el día anterior. La colección de información incluye todos los cuatro métodos de recolección de información previamente mencionados, las colecciones de diferentes fuentes

[3] "Fuera del lugar", no requiere la presencia del equipo en el "genba", al contrario, requiere un ambiente aislado para facilitar el Brainstorming, por ejemplo: Una sala de conferencias.

de información recolectadas permiten una triangulación de información para incrementar la validez de las recopilaciones (Eisenhardt, 1989). Esta etapa tiene una duración de jornada completa y corresponde a la última etapa de la fase de aprendizaje de acciones.

2.1.5. Día 5: Analizar la recolección

De las etapas tempranas de análisis en el día cuatro, el punto crítico es finalmente identificado, convirtiéndose en el foco del análisis de la causa y efecto y la construcción de un diagrama de causa y efecto que ilustra los factores contributarios al punto crítico, poniendo fin a la fase de Action Learning. Luego comienza una fase de identificación de oportunidades de mejoramiento, dando un comienzo a la fase de construcción de la nueva teoría de gestión. Esta etapa se realiza off-site y dura como mínimo una jornada completa.

Existe una minuciosa consideración al cuantificar los beneficios financieros que se ganaran al realizar maniobras específicas. También se considera el estimado "costo de implementación" y el tiempo que requeriría implementar cada actividad de mejoramiento. Finalmente, cada oportunidad definida se evalúa en función de costo, tiempo y beneficio, lo cual conduce a la construcción de un sistema de rankeo para cada oportunidad de mejoramiento factible. El output resultante de la fase de análisis es una lista reducida de oportunidades de mejoramiento validados y priorizados para el corto, medio y largo plazo.

2.1.6. Día 6: Presentación de Feedback

Una fase crítica del QSAM es la presentación final, durante el cual las oportunidades de mejoramiento son presentados, restricciones acerca de las soluciones propuestas son identificadas y futuros planes de acción con una nueva teoría de gestión son acordados. También es fundamental destacar los recursos que serán requeridos para iniciar las acciones y si el potencial involucramiento futuro del equipo QSAM será un requerimiento. Esta etapa dura media jornada, poniendo fin a la fase de construcción de la nueva teoría de gestión y junto a eso, la metodología QSAM.

Es importante transferir esta metodología al país chileno y debido a esto surgen puntos adicionales que se deben tomar en consideración, por ejemplo: la eficacia de la contribución de los estudios se ve restringida en la fase de aprendizaje de acción (Action Learning) por mínimas consideraciones en el tamaño de muestreos, afortunadamente el flujo de la teoría de gestión se verá satisfecha a su debido tiempo.

Para establecer el grado de incertidumbre en un flujo de valor individual, se postula en el estudio de Childerhouse y Towill (2003) que un indicador primario clave a considerar es la complejidad del flujo de material cuya magnitud, a su vez se puede desglosar en cuatro tipos de síntomas: Comportamiento dinámico, situación física, características operacionales y características organizacionales. Es del deber del analista revisar cada uno de estos puntos mediante una combinación de modelado de información, muestreo de actividades, mapeo de procesos y cuestionarios estructurados. También se debe lograr un alto mejoramiento en la agilidad de flujo de materiales e información mediante la detección de indicadores de

desempeño como Cycle-Time, Rotación de Inventario, entre otros. Luego de implementar esta metodología se espera últimamente un aumento en el margen de beneficio de la firma en que se escogió la implementación.

2.2. Flujos de Cadena de Valor

2.2.1. Definición

Una de las partes sustanciales mencionadas dentro de la metodología es lo que se denominó el muestreo de flujos de cadenas de valor, lo cual corresponde a un punto de complejidad mayor donde se debe realizar una explicación detallada. Los flujos de cadena de valor son todos los pasos que deben realizarse desde el punto de partida de la cadena, donde el ejemplo más habitual a nivel de empresa manufacturera es la adquisición de materias primas, hasta el punto de llegada de dicha cadena que podría ser el despacho del producto final al cliente o a un canal de distribución. La visión más genérica de la cadena de valor se ve según la construyó Michael Porter (1985) y se puede apreciar en la figura mostrada a continuación:

Figura 2.1.: *Mapa de la cadena de valor general de Michael Porter (1985) conteniendo sus actividades secuenciales primarias y actividades paralelas de soporte.*

Para la memoria presente se realizará un enfoque en las actividades correspondientes al área de operaciones de una empresa y en consecuencia se construirán mapas de cadenas de valor ad hoc.

Las sub-actividades que comprenden la etapa de operaciones pueden tener la capacidad de agregar valor al producto (o servicio) final de la misma forma que pueden carecerla, en este último caso los pasos o actividades se les denominan “muda”, que es japonés para desperdicio o derroche. Estas se categorizan de la siguiente forma:

Figura 2.2.: *Diagrama representativo de los 7 tipos de desperdicios en una cadena de suministro.*

El cumplimiento del objetivo de la metodología QSAM descansa sobre la capacidad de eliminar todas aquellas actividades en la cadena de valor que efectivamente, no agregan valor al producto final. Se pueden distinguir fácilmente si aportan a que el producto experimente un cambio físico o de algún tipo o aportan algún tipo de información a las estaciones sucesoras, por ejemplo porcentaje de completitud de un producto no terminado, informes o instrucciones.

Los distintos flujos de valor de una cadena se pueden representar y organizar en un diagrama o VSM (Value Stream Map) que se debe construir en la fase de Brainstorming de la metodología, inventado e implementado por primera vez por el japonés Taiichi Ohno en la década de los sesenta.

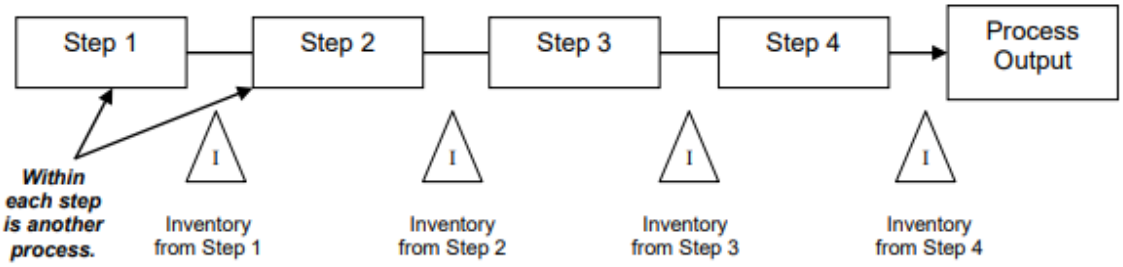

Figura 2.3.: *Diagrama representativo de un flujo de cadena de valor básico.*

Es necesario explicar el significado de conceptos clave usados en VSM. Estos son: Proceso, Desperdicio, Flujo, aquello que constituye un aporte de valor, aquello que no constituye un aporte de valor y no es necesario y finalmente aquello que no constituye un aporte de valor y sin embargo, es necesario en el proceso.

- **Proceso:**

Es la serie de pasos o actividades que mueven inventario de un paso al siguiente para transformarlo en el output del proceso que puede ser un bien físico o un servicio. El VSM se usa para investigar procesos e identificar oportunidades de mejoramiento que se hallan en base a su desperdicio y carencia de fluidez.

- **Desperdicio:**

Se define como actividad o recurso que no agrega valor al output del proceso completo, consta de 7 tipos ilustrados en la figura 2.2.:

1. Sobreproducción: Corresponde en producir más de lo que el siguiente proceso necesita o más de lo que el cliente demanda, en forma más precisa, el coste que implica el margen de sobreproducción de cada etapa.
2. Inventario: Capital que no ha producido un ingreso y que en otras palabras, es inamovible y solo corresponde a un desperdicio de espacio y recursos. Puede comprender tanto productos semi-elaborados como finales.
3. Defectos en el producto: A diferencia del inventario solo se consideran productos finales que no cumplen los requerimientos del cliente y por lo tanto, debe incurrirse en un coste adicional por modificar dicho producto o hasta repetir completamente un ciclo de producción.
4. Transporte: Bien resulta imposible eliminar este despilfarro por completo es preciso minimizar al máximo la conducción de material dado que es una actividad que no tiene valor añadido. Es más aumenta los riesgos de que el producto sufra algún daño o hasta se extravíe.
5. Sobreproceso: Corresponde a realizar pasos innecesarios en las actividades de trabajo que probablemente ya se realizaron en una estación anterior o que no son requeridos por el cliente en primer lugar.
6. Esperas o Retrasos: Son aquellos tiempos en los que una estación no se encuentra trabajando porque no ha llegado la información, herramienta, insumo o bien, el producto semi-elaborado de la estación anterior.
7. Movimientos innecesarios: A diferencia del transporte de material, estos movimientos se asocian al operario y son una manipulación extra de herramientas o

insumos que aumentan el tiempo de producción y además podrían causar un daño en el semi-elaborado.

Recientemente se instauró un octavo "muda" que posee una diferencia fundamental respecto de los siete restantes y es que está enfocada en el recurso humano, éste consiste en el desperdicio de competencias y habilidad, donde el oficio especial de un operario lo limita a no hacer uso de otras inteligencias o creatividad, innovar y por ende, demostrar su potencial para eliminar alguno de los restantes "mudas".

- **Flujo:**

Es el movimiento continuo de inventario de paso a paso en una frecuencia constante, suavizada y persistente. La empresa japonesa Toyota estipula que cuando el proceso es el correcto la producción fluye "como el agua". Los puntos de inicio y de término del flujo son estructurados según actividades pero pueden ser escogidos finalmente por el analista.

- **Valor:**

Es todo aquello que el cliente está dispuesto a pagar dentro de las características del producto final. El valor se construye desde la perspectiva del cliente final, siendo este el usuario o persona que usa y goza del output del proceso. Para visualizar el valor en una cadena de proceso se debe dividir el proceso de negocio en actividades que sigan una secuencia donde se pueda identificar con facilidad aquéllas que aportan valor al producto o servicio que goza el cliente final. En el breve ejemplo ilustrado a continuación se listan las actividades a seguir en el ensamblaje del chasis de un camión:

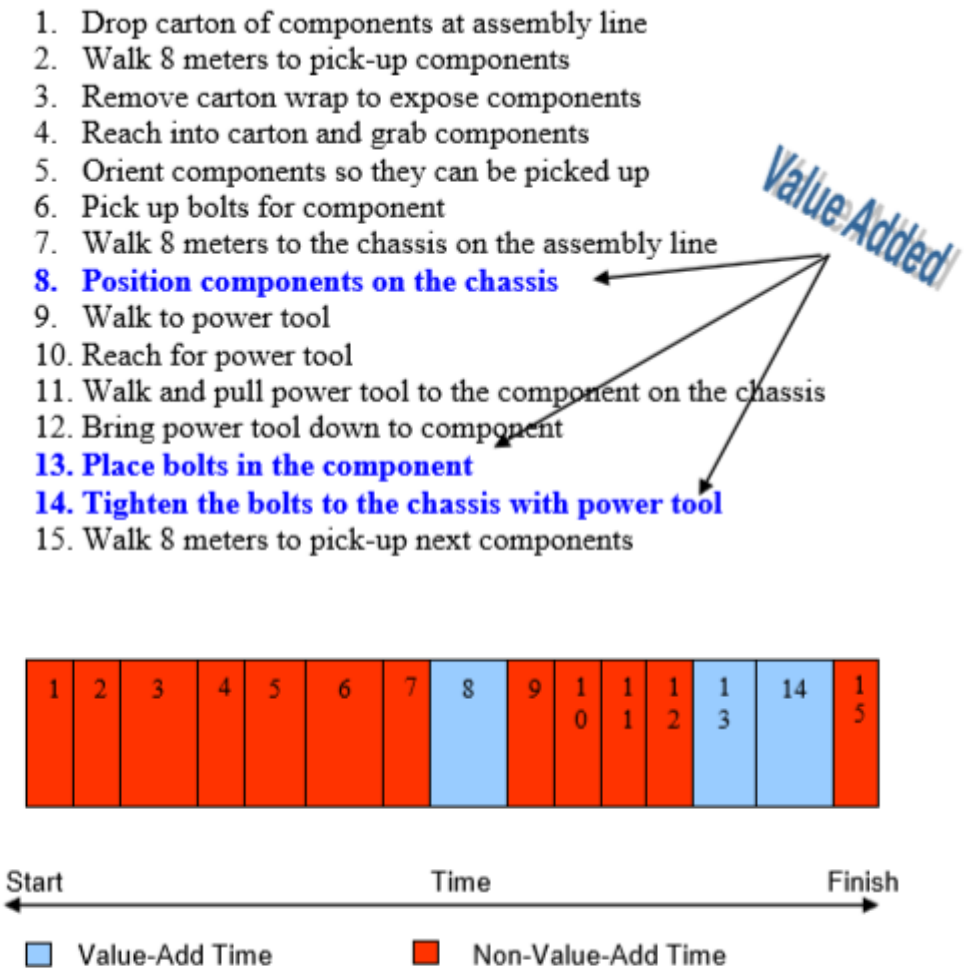

Figura 2.4.: *Lista de actividades necesarias para ensamblar el chasis de un camión en orden cronológico. En ella se indican aquellas actividades que agregan valor al chasis, son las 8, 13 y 14.*

Según la figura anterior, 12 de 15 sub-actividades no agregan valor, sin embargo, no se especifica cuáles de estas actividades que no agregan valor son necesarias o intachables en el proceso de negocio y cuáles no.

Una vez internalizados los conceptos claves se puede introducir a la metodología VSM en sí: ésta consiste en un proceso de principio a fin monitoreando y midiendo lo que ocurre dentro de y entre cada etapa del proceso. Para cada paso del proceso se toma nota de la variedad de recursos usados en cada paso, su cantidad y el rango de veces en que cada recurso se usa como un bloque de información ad hoc para dicho paso. Las variables medidas se tabulan en un "Variable Block" mostrado en la siguiente figura con casos realista, pesimista y optimista.

A VARIABLE BLOCK
Throughput/time – *lowest, average, highest*
Preparation time – *lowest, average, highest*
People required – *lowest, average, highest*
Cycle time – *lowest, average, highest*
Value-Add time – *lowest, average, highest*
Distance item moved – *lowest, average, highest*
Frequency per shift – *lowest, average, highest*

Figura 2.5.: *Figura de bloques de variable utilizada para procesos considerando tiempos realista, pesimista y optimista.*

De la información recolectada el proceso es construido como un diagrama de flujo mostrando los tiempos y recursos usados en cada paso y el tiempo de retraso entre cada paso, llamado Flujo de la Cadena de Valor en estado Presente. (Ver Anexo X).

2.2.2. Etapas Tradicionales

2.2.2.1. Investigación

El proceso VSM requiere que se acuda al "gemba" tomando nota de los detalles de gente, producto, equipamiento y los movimientos de información. Es necesario considerar el rango de variables que tienen peso en cada etapa del proceso productivo. VSM también requiere que se observen fechas, cantidades, atrasos, interrupciones, decisiones operativas, ausencias de personal que tuvieron un impacto en el desempeño de la operación durante el período de análisis. Finalmente, la credibilidad del análisis depende principalmente de la verosimilitud y significancia de los datos que evalúa. Cuando hay datos extraídos de evidencia documentada y observaciones reales puede existir verosimilitud en el análisis.

2.2.2.2. Análisis

El poder del VSM se hace evidente durante la fase de análisis. Una vez que un proceso manufacturero se dibuja como una serie de pasos y descrita en términos numéricos, las anomalías e inconsistencias salen a flote.

El primer análisis a realizar es computar un ratio de tiempo de agregación de valor con tiempo de proceso total con el fin de ver que tan eficiente es el proceso para el cliente final.

Otros factores importantes a identificar durante la etapa de análisis es la variabilidad entre buen y mal desempeño en cada uno de los pasos del proceso y el tamaño del inventario que se acumula entre pasos. Por ejemplo, una mala velocidad de rotación de inventario es un indicador de que hay demasiados trabajos en proceso (WIP) no nivelados al cuello de

botella. La variabilidad indica que hay prácticas inconsistentes y descoordinadas que necesitan ser agilizadas, no obstante, existe una buena noticia en base a ella, y es que para realizar las mejoras no se necesita de una inversión monetaria.

Existen diversas técnicas simples de estadística disponibles para analizar la información producida durante la investigación. Gráficos de dispersión, diagramas de Pareto, diagramas de causa-efecto son herramientas que se pueden aplicar para analizar la información. Los problemas identificados en el proceso son cuantificados en términos de los costos y el tiempo que se toman en actividades que no agregan valor. Finalmente, asignándole un valor monetario al desperdicio asociado y las actividades innecesarias se puede construir un fuerte motivador para realizar cambios en el negocio.

2.2.2.3. Oportunidades de Mejoramiento

Éstas se presentan mientras se conduce el análisis. Al desarrollar las propuestas es ideal que los operarios de los respectivos procesos sean incluidos en la sesión de identificar soluciones para que puedan responsabilizarse de la futura implementación. Durante el análisis se presentan simplificaciones en las actividades, cambios de proceso se hacen visibles para detener las acciones de desperdicio y finalmente, los mejoramientos seleccionados son incluidos en el rediseñado “Mapa en estado futuro” del proceso.

Para identificar las oportunidades de mejoramiento menos obvias se debe simplificar el proceso en bloques de función con descriptores de una sola palabra como se muestra en la figura del anexo XX. Llevando los procesos de vuelta a los componentes más básicos es

posible rediseñar el proceso mediante la eliminación, combinación y superposición de sus funciones más básicas para llegar a una operación más simplificada y que aporte más valor. La figura del anexo XX muestra el proceso de corte de una barra de acero con incrementado valor agregado y velocidad de rotación de inventario reduciendo a la mitad las entregas matinales e introduciendo una segunda entrega matinal para que el acero terminado no se mantenga inmóvil en la bodega una segunda vez después de la manufactura. Un beneficio posterior como consecuencia de esta medida fue entre 5 y 6 horas laborales ahorradas.

2.2.3. Etapas Post-Digitalización

Es importante notar que el método de mapeo de flujos de valor o VSM tiene su origen en la década de los sesenta, por lo que es preciso realizar una actualización adecuada para las industrias manufactureras de hoy en día. Por lo que Hartmann (2018) engruesa el tópico de la cadena de valor añadiendo un enfoque en el flujo de información sea ésta digitalizada o análoga más que en el flujo material que ya fue trabajado por Ohno, Hartmann propone añadir ciertos pasos a la metodología tradicional, construyendo así el VSM 4.0.

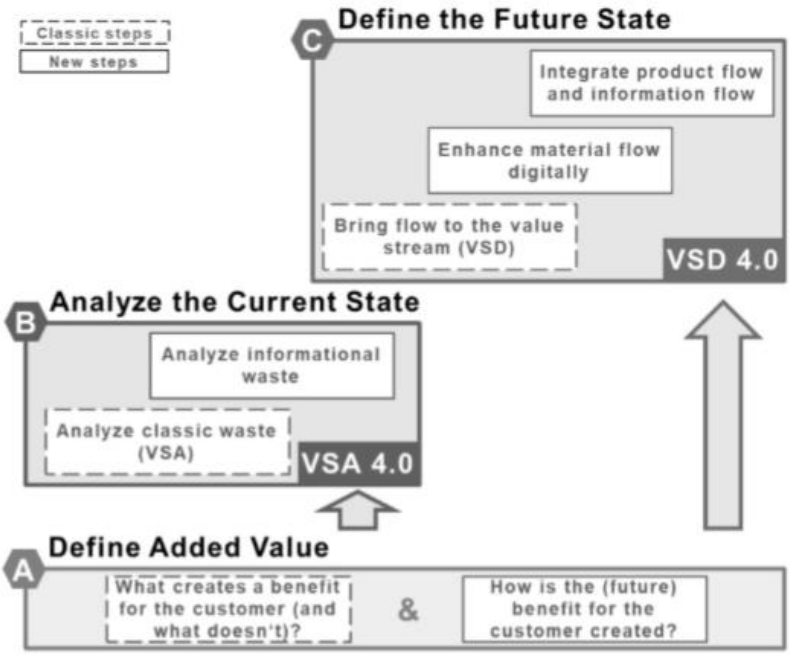

Figura 2.6.: *Diagrama representativo del método VSM 4.0 sugerido por Hartmann. Las actividades encerradas en línea punteada corresponden a las tradicionales propuestas por Ohno, las restantes son las añadidas en el método actualizado.*

2.2.3.1. Paso 1: Definir el valor añadido

Este paso ya considera la distinción entre actividades que agregan valor y que no agregan valor al producto final pero como se mencionó al principio, el cliente final no tiene casi ninguna interacción con los elementos individuales del flujo de valor. Sin embargo, la digitalización y levantar individualización de cada producto habilita cambios a esta actitud en las siguientes maneras:

- La información sobre la demanda específica del cliente puede ser entregada a cada estación o actividad consistentemente y en tiempo real, para así responder a cada requerimiento del cliente con mayor desempeño y calidad.
- Esta información puede ser detectada y capturada a lo largo de todo el proceso de creación de valor en forma de indicadores como porcentajes de terminación, estados de resultados o instrucciones para la futura utilización del producto. Así, se puede ayudar al cliente a mejorar sus propios procesos.

2.2.3.2. Analizar el estado actual VSA 4.0

El análisis de estado actual es congruente al paso de mapeo de flujos de material de la cadena de suministro, a diferencia de que en VSA 4.0. se toma consideración de los flujos de información de la cadena de suministro, Hartmann indica que para llevar a cabo un análisis cuantificado del estado actual de la cadena se deben utilizar específicos indicadores de desempeño de flujos de valor en función de la información logística disponible en ellos. Los tres KPI ejemplares son presentados en esta sección:

- **DR (Ratio de digitalización)**: Este ratio indica cuánto de la información es adquirida automáticamente y capturada digitalmente sin interacción humana o mediante documentación respecto de toda la información capturada por un flujo de valor.
- **DA (Disponibilidad de información)**: Este ratio indica la información capturada respecto de la información deseada de un flujo de valor.

- **DU (Uso de información):** La información almacenada debe tener un uso específico, en caso contrario, se le considera un desperdicio. Este KPI indica cuanta de la información captada y almacenada en un flujo de valor se utiliza para mejoramientos de proceso o tiene beneficios para el cliente final.

2.2.3.3. Definir el estado futuro VSD 4.0

El objetivo del método VSD 4.0 es el diseño de un estado futuro del flujo de valor que se analizó anteriormente, incluyendo todos los flujos de información. Se divide en tres pasos:

2.2.3.3.1. Traer fluidez a los flujos de valor:

El primer paso es la ejecución del clásico flujo de valor conocido del pensamiento Lean explicado en el capítulo anterior. Aquí los flujos materiales transitan de la forma que requiera el menor tiempo de operación, menor inventario y la menor cantidad de desperdicio para posteriormente incluir los pasos propios que consideran la digitalización.

2.2.3.3.2. Impulsar el flujo material en forma digital

Aquí se realiza una revisión sistemática, donde el flujo de producto puede ser impulsado digitalmente. Este impulso incluye a su vez, 3 pasos iterativos:

a. Identificar causas raíces que impiden el flujo continuo y hallar soluciones de naturaleza digital:

Luego de hallar la fluidez en la cadena de valor con el diseño clásico, aún deben tratarse aquellos problemas de aspecto digital que deben resolverse a su vez, de una manera digitalizada. La figura 2.7. muestra que existe una extensión de espacio con soluciones para estabilización de proceso y mejoramiento de procesos que el VSM tradicional no abarca. En este punto se busca que la comunicación entre estaciones sea provista de forma que tanto un humano como una máquina pueda emplearla y agregar valor en forma directa para así omitir las inestabilidades técnicas o desperdicios al cabo de manejar información.

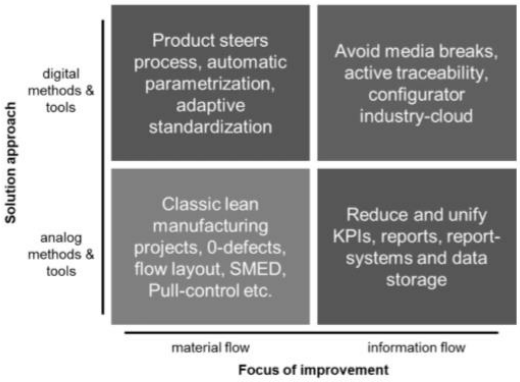

Figura 2.7.: *Diagrama representativo de los alcances de solución según el tipo de flujo en la cadena. Ambos flujos deben integrarse.*

Los cuadrantes incluyen los siguientes ejemplos de soluciones según foco de mejoramiento (Flujo de material o de información) y alcance de la solución (metodología análoga o digital):

- **Métodos digitales para flujo material:** Parametrización automática, estandarización adaptada
- **Métodos análogos para flujo material:** Proyectos de pensamiento Lean clásico, SMED
- **Métodos digitales para flujo de información:** Evitar colapsos de canales de información, trazabilidad o rastreo activos, nube configuradora de la industria completa.
- **Métodos análogos para flujo información:** Reducir, fusionar y unificar indicadores de desempeño, reportes y almacenamiento de datos.

b. Ampliar islotes de producción con flujo continuo

Procesos que fueron estabilizados, mejorados y acelerados por efecto del paso anterior pueden conectarse con otros procesos y formar grandes islotes de flujo. Las oportunidades se mostrarán y deberán tratarse.

c. Mejorar sistemas de pull digitalmente

Si una conexión de procesos aún apoyada por una solución IT no puede ser posible, debiesen utilizarse sistemas pull para reducir inventarios. Por ejemplo, la utilización de formatos e-Kanban a partir de Kanban clásicos para reducir el tiempo de respuesta intra-logístico.

2.2.3.3.3. Integrar flujos de producto y flujos de información

Los flujos de información en una empresa se vuelven más y más amplios y complicados al paso del tiempo debido a mayores cantidades de producción, y soluciones digitalizadas. Con el fin de un mejor entendimiento se necesita dividir los flujos de información en su naturaleza: información de producto e información de proceso. Los flujos de información de producto incluyen toda la información relacionada a un producto específico, por ejemplo, información de diseño o programas de máquina. Los flujos de información de proceso incluye información sobre los procesos independiente del producto que transite por ahí, por ejemplo información de status o indicadores de desempeño generales.

Toda la información sobre control, documentación y proceso de mejoramiento debe definirse y conectarse al futuro medio de almacenaje a lo largo de todo el flujo de valor. El proceso se muestra a continuación:

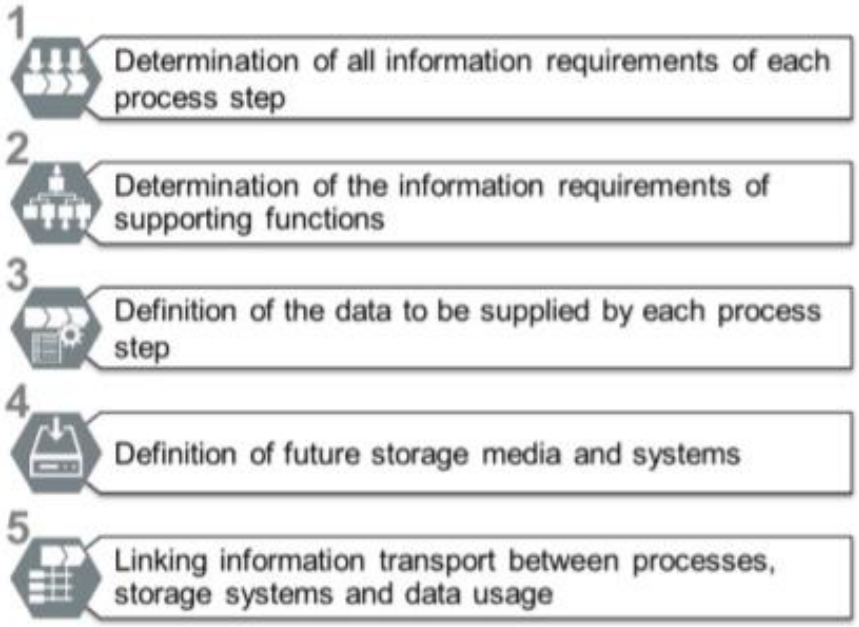

Figura 2.8.: *Diagrama representativo de los pasos a seguir para integrar flujo de información de producto y proceso.*

Los procesos deben ser capaces de comenzar un orden programado sin retrasos debido a pérdidas de información o problemas mediáticos. Esto asume que además de la materia prima, insumos y herramientas, toda la información necesaria y asociada tiene que estar disponible a tiempo. Por lo tanto, se registran los requerimientos de información de todos los procesos en una cadena de valor para satisfacer una orden de compra de un consumidor final. Por ejemplo: El proceso de requerir una lista de las partes necesarias para empezar un ensamblaje. Posteriormente se encuentra la determinación de los requerimientos de información de funciones de soporte, enlistadas en una columna de tareas como se indica en la figura XX, la definición de la información que debe suministrarse a cada proceso, de futuros medios y sistemas de almacenamiento y finalmente, la conexión de transporte de

información definida por líneas trazadas verticales. En general, debe haber la menor cantidad de sistemas mediáticos posibles en una empresa.

2.3. Antecedentes en la experiencia de la internacionalización de Q.S.A.M.

Según el estudio de Childerhouse (2005) hay diferencias fundamentales acerca de los hallazgos de la metodología según los países en que se implementaron. Por un lado: Empresas europeas automotoras que contienen similares flujos de materiales de alta complejidad que facilitan el muestreo. Empresas fuera de Europa, más específicamente en países como Tailandia y Nueva Zelanda donde existen diferencias a nivel cultural que afectan la aplicación en detalle de la metodología; que ha involucrado solamente tecnologías bien establecidas y procesos de producción, lo cual restringe ciertos tamaños de muestra. Causas de esto varían según el país donde se implementó; existen empresas familiares con fuertes emprendedores en Tailandia que no disponen de la tecnología actualizada mientras que en Nueva Zelanda se halla más bien una actitud más pasiva frente al negocio y que se opone al cambio.

CAPÍTULO III: DESARROLLO

3.1. Puesta en práctica de la metodología

3.1.1. Introducción a la empresa

La empresa a elegir para implementar la metodología Q.S.A.M. es la sucursal de Desabollado y Pintado ubicada en la ciudad de Santiago de Chile, una planta tipo assembly-line dedicada a la restauración de vehículos de clientes. La cadena de valor, siendo el análisis principal de la metodología, se puede realizar a nivel de proceso, fábrica (también llamado de puerta a puerta) o de empresa. No obstante, según el video "Mapa de la Cadena de Valor" de GembaProductionsEspañol se sugiere que por méritos introductorios se analice una cadena a nivel de fábrica o de puerta a puerta, por lo que no se tomarán en consideración aquellos flujos que conectan otras sucursales de la empresa a la que pertenece y en consecuencia, el plan de acción resultante puede ser diferente a los que se obtendrían si se construye una cadena a nivel de proceso o a nivel de empresa.

3.1.2. Mapeo del proceso de negocios

El primer bosquejo fundamental dentro de la metodología es el mapeo de la cadena de suministro del servicio que incurre el mayor ingreso de la sucursal, lo cual comprende la restauración completa de un vehículo abollado. La restauración completa consta de los siguientes procesos de negocio por orden cronológico:

- **Desabollado:** Este proceso consta de la restauración principal de macro-piezas de vehículos principalmente encontradas en la carrocería, por ejemplo: parachoques, capós, puertas, baúles, etc. mediante procesos como soldadura, fresado y torneado.
- **Pintado:** Este proceso consta del pintado de la carrocería del vehículo previamente desabollado. Los botes de pinturas son catalogados según código en un almacén propio separado de los repuestos.
- **Armado:** Este proceso consta de la restauración detallada de micro-piezas de los vehículos previamente pintados, incluyendo molduras, focos, soportes, entre otros.
- **Lavado:** Este proceso corresponde al lavado completo (interior y exterior) del vehículo previamente armado.
- **Mecánica:** Este proceso es el último de la línea de procesos y comprende el último filtro previo a que el vehículo sea entregado al cliente. Consta del arreglo y una revisión final exhaustiva de elementos asociados al funcionamiento técnico del vehículo, entre ellos, las llantas, neumáticos, motor, batería, etc.

Añadiendo a lo anterior, como se mencionó en los antecedentes de investigación, la metodología requiere que se involucren el proveedor, el cliente y el departamento de planificación de recursos de la empresa. Analizando uno por uno, el proveedor es la distribuidora tercerizada de repuestos Nissan y transporta mediante camión los repuestos (2 veces por día) cotizados de las órdenes de compra lanzadas en la fracción del turno anterior. Los ejecutivos tienen el deber de mostrarse más atractivos que la competencia frente a las compañías de seguros de sus clientes, asegurando un mejor servicio y una mejor rapidez. Las órdenes de restauración son lanzadas a los ejecutivos y ellos generan una orden de trabajo digital redirigiéndolas a su vez al departamento de ERP para que cotice los

repuestos necesarios. El vehículo es entonces llevado al almacén de la sucursal donde está en disposición para pasar por las 5 etapas previamente nombradas, sin embargo, NO puede cursar la primera actividad antes de que todos los repuestos a utilizar en aquella actividad estén presentes en el inventario.

Las órdenes de trabajo equivalen a toda la información que debe transitarse a nivel de planta, y son fundamentales incluso en la transición de un proceso a otro. Comenzando con el desabollador: él solicita a los ejecutivos la orden más antigua en la cola, siguiendo un método FIFO, y una vez que termina, deja el vehículo en el almacén #1 para que un armador lo pueda recoger. La misma secuencia de actividades debe proceder para las estaciones siguientes dado que cada uno posee un almacén distinto (a excepción del mecánico dado que su estación de trabajo es el mismo que el almacén final donde los clientes podrían recoger el vehículo terminado.).

Una vez que se tomó nota de cada una de las etapas correspondientes al proceso de negocios de la sucursal, se construye un mapa general de la cadena de suministro:

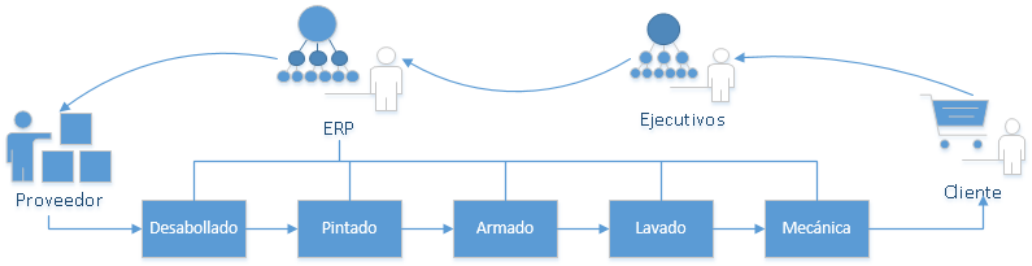

Figura 3.1.: *Diagrama representativo del proceso de negocios principal de la sucursal de desabollado y pintado de la sucursal de Portillo S.A., las flechas curvas representan flujos de información y las flechas rectas representan flujos de material.*

Otra forma de representar la sucursal en una forma más física es mediante un diagrama de layout del proceso de negocios, donde se puede apreciar información adicional, por ejemplo los espacios destinados a tránsito del vehículo y las entradas de la sucursal.

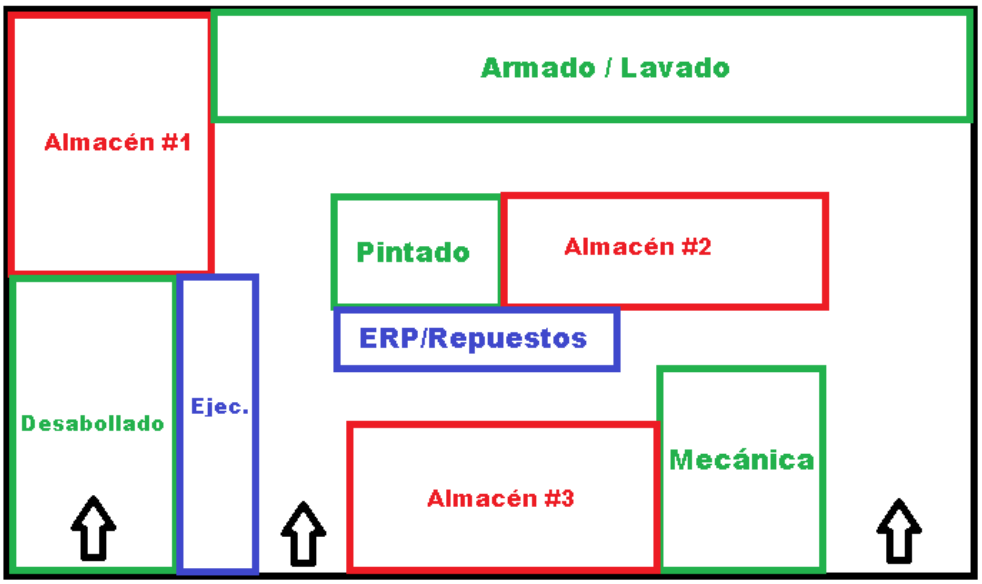

Figura 3.2.: *Layout de la sucursal de desabolladura y pintura. Superficie aproximada de 70mts.x70mts. Las flechas indican entradas/salidas de la sucursal y las áreas sin contorno coloreado son pasillos por donde se desplaza el vehículo.*

A la izquierda de la planta y sin embargo, dentro de la superficie que pertenece a la empresa existe un almacén previo donde se encuentran estacionados los vehículos que se trasladarían a la actividad de desabollado por parte del mismo maestro desabollador, entrando por la entrada ilustrada más a la izquierda.

Para el primer escaneo se tomó nota de los primeros síntomas que llaman la atención del "gemba" previamente denominados "Quick Hits":

- Existe una alta variación entre las cantidades de personal asignada a cada etapa del proceso de negocio, por ejemplo: Hay 1 mecánico, hay 5 desabolladores y más de 10 asignados a las etapas restantes.
- La habilidad del personal asignado en los procesos intermedios (Pintado, Armado y Lavado) tiene capacidades de transferibilidad. Más específicamente, aquél que se la asignó la tarea de armado o de pintado puede perfectamente ejecutar la etapa de lavado del vehículo.
- Existe una operación ocasional emitida por el departamento de ERP denominada "Buscar", donde se imprime una lista con repuestos según código y su respectiva ubicación y se le encomienda a un repositor de la oficina con el fin de tener un seguimiento acerca de repuestos que no han sido retirados en más de un semestre.
- Los repuestos estipulados en las órdenes de trabajo no son especificados según la estación del proceso de negocio en donde son requeridas.
- El maestro debe recorrer muchos metros para ir a solicitar una nueva orden de trabajo, el desabollador puede recorrer hasta un mínimo de 5 metros mientras que un armador puede recorrer hasta 120 metros.
- El ritmo del proceso de negocio presenta una parcial dependencia de la empresa tercerizada que provee la sucursal con repuestos. Un singular vehículo al que se le asignó una orden de trabajo podría reposar en un almacén intermedio hasta veinte días hábiles sin que la sucursal pueda hacer algo al respecto. Las alternativas de adquirir repuestos sería, en orden decreciente, otra sucursal de la empresa, la

distribuidora de repuestos Nissan Chile, o distribuidora Nissan casa matriz en Japón. Sin embargo, los repuestos del 90% de las órdenes de trabajo se pueden adquirir en la distribuidora Nissan Chile y la dependencia no es tan significante para que un maestro no se encuentre trabajando.

En la siguiente etapa de la metodología se recolectaron respuestas numéricas a los cuestionarios establecidos. La información básica relevante requerida para la metodología se muestra a continuación:

Demanda mensual: 80 restauraciones mensuales

Horas de trabajo diarias: 9 horas (no incluye colación) = 540 minutos / día

Beneficio promedio por restauración: $750.000[4]

Entonces TAKT Time: 20 días al mes * 9 horas / 80 restauraciones al mes = 2.25 horas / restauración = 135 minutos / restauración.

Una vez que se obtuvieron respuestas con enfoque a los requerimientos del cliente, se procedió a obtener los tiempos reales requeridos para la realización de cada actividad, el personal disponible para cada etapa y los vehículos en cola para empezar la etapa siguiente.

[4] El beneficio esperado tanto como el costo esperado por operación puede presentar alta variabilidad junto con la cantidad de procesos por los que cursa un vehículo, por ejemplo: Un vehículo abollado puede pasar por todos los procesos mientras que otros pueden solo requerir la etapa de mecánica y lavado.

ETAPA	Operarios [persona(s)]	Inventario [vehículo(s) en cola]	Tiempo de Ciclo Individual [minutos]	Tiempo de Cambio de Producto [minutos]
Desabollado	5	15	30	6
Pintado	10	7	25	2
Armado	10	5	30	3
Lavado	10	6	15	2
Mecánica	1	3	22	2

Tabla 3.1.: *Tabla con información relevante acerca de la línea de ensamblaje para la construcción de la cadena de valor.*

A partir de la información obtenida in-situ de cada etapa del proceso, se puede obtener una cadena de valor genérica del proceso de negocio principal de la sucursal:

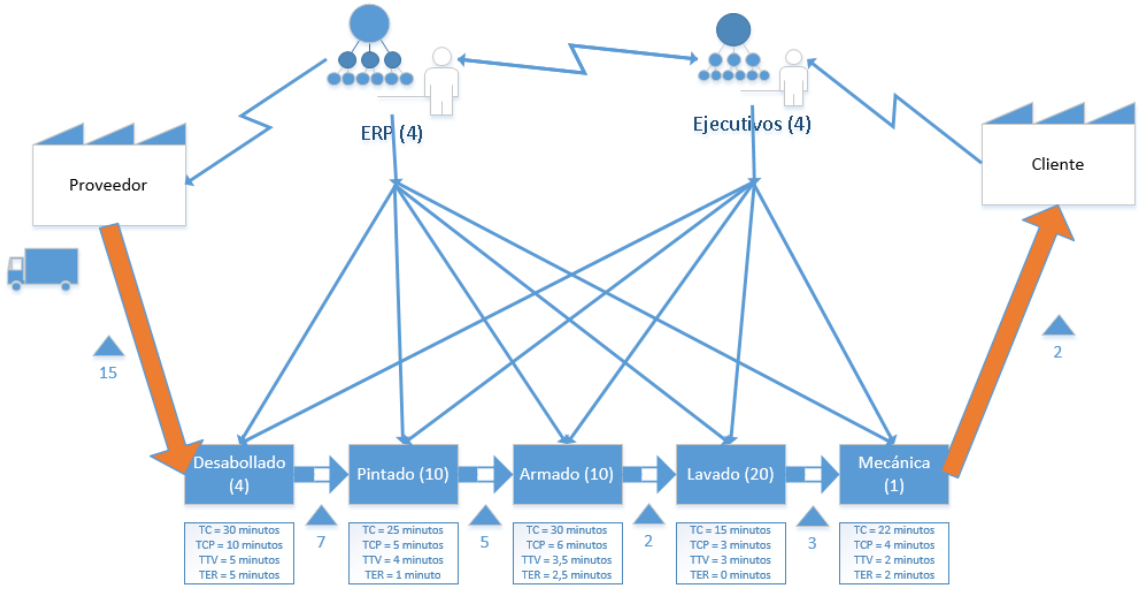

Figura 3.3.: *Diagrama representativo del proceso de negocios principal de la sucursal de desabollado y pintado, contiene los WIP intermedios, los tiempos de ciclo individual y los tiempos de cambio de producto.*

El tiempo de ciclo que añade valor consta de un total de 122 minutos por restauración, y la suma de los tiempos que demora un cambio de producto en toda la cadena es de 28 minutos, por lo que el porcentaje de tiempo destinado a actividades que agregan valor es de un 81,33% y el 18,67% restante comprende actividades que NO agregan valor.

Para la cuantificación del desperdicio en las logísticas de la información se acordó que asumirán los siguientes valores para cada estación del proceso de negocio:

$$DR \cong \frac{0}{n} \cong 0\%$$

Ninguna información que se transmite entre estaciones de proceso es de carácter digital sino manual.

$$DA \cong 100\%$$

Una vez que el maestro recibe la orden de trabajo con los repuestos que se ven involucrados, ya posee todo el conocimiento que necesita para poder lograr que el vehículo pase a la siguiente estación. Una característica principal de que la sucursal sea un job-shop es que cada uno de los trabajadores está perfectamente capacitado para realizar cualquier trabajo encomendado mientras forme parte del proceso de negocio.

$$DU \cong 100\%$$

La información digital que transita entre los departamentos de la sucursal es completamente destinada a la satisfacción del cliente, por ejemplo, el inventario se registra digitalmente en una carpeta compartida de tal manera que todas las computadoras tengan conocimiento de cuáles repuestos fueron despachados por cuál maestro en cuál fecha. También se cuenta con un sistema SAP, compartido entre todas las sucursales de la empresa a la que pertenece la planta, para registrar compras de repuestos y traslados de repuestos a otras sucursales que son el principal soporte de funcionamiento del negocio de la empresa.

3.1.3. Lluvia de ideas de los mayores inhibidores

La tercera etapa de la metodología Q.S.A.M. consta de una lluvia de ideas acerca de los mayores inhibidores en la cadena de suministro. Para esto se realiza una lista con las mejores y peores impresiones vistas en la planta:

Buenas impresiones:

- Disponibilidad adicional y ahorro de personal en la etapa de lavado.
- El layout de la sucursal está convenientemente integrado, de tal manera que se minimicen las necesidades de desplazamiento de los vehículos.
- A pesar de no existir una especificación acerca del proceso en el que se somete cada repuesto definido en la orden de trabajo, el maestro puede nombrar cuáles son aquellos que les corresponde y aquellos que no en el momento de pedirlos en el departamento de repuestos.
- Bien los repuestos deben ir a recogerse al departamento de ERP, las herramientas a disposición están convenientemente ubicadas junto a la pared de cada estación, y aquellas que se seleccionarán para una orden de trabajo en específico se portan en un carro de apoyo de 1 metro de altura y de 2 repisas.
- No hay indicios de actividades que se repitan innecesariamente entre estaciones de proceso.

Malas impresiones:

- El tiempo de cambio de producto es de 10 minutos para la etapa de desabollado, alrededor de dos veces más que las etapas restantes.
- La operación "Buscar" puede tener duración indefinida, la cual se puede extender debido a la necesidad de encontrar un repuesto que podría no hallarse en la ubicación anotada en la base de datos, lo cual puede conllevar a una baja en la disponibilidad de los repositores que deban entregar los repuestos a los maestros.
- Hay un lote de ubicación muy grande respecto de la cantidad de repuestos que contiene, lo cual conduce a un tiempo muy prolongable de la búsqueda del repuesto.
- El desabollador requiere repuestos de relativamente mayor tamaño que las otras estaciones por lo que deben llevarse a su lugar de trabajo con una mayor cantidad de viajes y por ende, requiere mayores tiempos de espera.

En resumen, la actividad que no añade valor que más se pronuncia en el mapeo de flujo de valor VSM es el tiempo de cambio de producto, o en este caso el vehículo en proceso de ser restaurado, especialmente del desabollador. Y según las malas impresiones anotadas se muestran circunstancias que están conectadas a este elevado tiempo que precisamente, no se gasta generando valor al cliente y que además retrasa la tasa de producción del servicio. Por lo que la hipótesis planteada para esta metodología será la siguiente: El tiempo de cambio de producto del desabollador corresponde a la causa raíz del cuello de botella que se pronuncia previo a su estación de trabajo.

3.1.4. Investigación detallada en el punto crítico

Una vez establecida la hipótesis de que el desabollador puede minimizar su tiempo de cambio de producto que es de 10 minutos, se pasa a la etapa de adquirir información detallada en acerca de cada una de las etapas de la cadena de suministro respecto de los tiempos de cambio de producto.

Etapa	Tiempo de espera del maestro (Optimista, Promedio, Pesimista) [Segundos]	Tiempo de colocación del vehículo desde el almacén previo a la estación de trabajo [Segundos]
Desabollado	(60, 180, 600)	(270, 300, 420)
Pintado	(30, 60, 90)	(240, 240, 270)
Armado	(40, 150, 210)	(225, 225, 270)
Lavado	-	(180, 180, 210)
Mecánica	(40, 120, 300)	(120, 120, 150)

Tabla 3.2.: *Desglose de tiempos de cambio de un producto de un maestro de cada estación para recibir un repuesto del departamento de ERP.*

El tiempo de espera del maestro no considera el tiempo en que demora el maestro en trasladarse a pie entre por ejemplo, su estación de trabajo y el departamento de repuestos,

dado que se catalogó como aquellos “mudas” que necesariamente deben realizarse y cuya variabilidad o mejora en tiempo es casi nula. Hay que tener claridad en el instante de inicio y de término de los tiempos: Por un lado, el tiempo de espera inicia una vez que la orden de trabajo con los repuestos fue entregada al repositor y termina una vez que todos los repuestos solicitados se encuentren en la estación de trabajo. El tiempo de colocación del vehículo comienza en el instante en que el vehículo deja su posición inicial en el almacén y es estacionado en la estación de trabajo siguiente.

Considerando el caso realista, pesimista y asumiendo una distribución normal de lo que toma llevar repuestos a la estación de servicio, la etapa de desabollado es aquella donde el maestro debe esperar una mayor cantidad de segundos para que sus repuestos solicitados se hallen en su estación de trabajo, lo cual debe ser la explicación de por qué hay tantos vehículos figurando en inventario previo a aquélla etapa. Una vez identificada la causa raíz de la espera se proponen oportunidades de mejoramiento o también denominados “Kaizen Burst” de mejoramiento continuo, nombrados a continuación:

- Encomendar dos repositores a buscar distintos repuestos dentro de la misma orden de trabajo:

Existe un alto riesgo al encomendar a dos repositores a una misma orden de trabajo, dado que pueden haber conflictos o confusiones al momento de asignar los repuestos, sin embargo, hay que recordar que hay una mejor influencia para la cadena de suministro al

aprovechar la disponibilidad de un repositor para atender a un desabollador que para atender un armador, pintor, o mecánico.

- Contratar un nuevo repositor:

Esta oportunidad de mejoramiento se vio descartada dado que mientras mejora la atención hacia al desabollador, el costo de implementación es por otro lado, muy elevado.

- Adquirir una computadora que conecte cada estación con los ejecutivos de compra.

Bien eliminaría la actividad de desplazarse por la planta para solicitar una orden de trabajo disponible el costo sería un nivel de inversión muy elevada, por lo que ésta oportunidad de mejoramiento también se vio descartada.

- Catalogar repuestos de mayor tamaño en subgrupos en ubicación Lote 1 y Lote 2.

Como se mencionó antes, los lotes 1 y 2 contienen muchos repuestos por lo que el tiempo de búsqueda automáticamente aumenta. Adicionalmente, se aprendió que muchos de los repuestos que se encuentran en aquellos lotes se utilizan para desabollado. La propuesta de mejora es subdividir los lotes en dos secciones dimidiadas (1-A, 1-B, 2-A y 2-B), teniendo efecto positivo en tiempos de espera de otras actividades también.

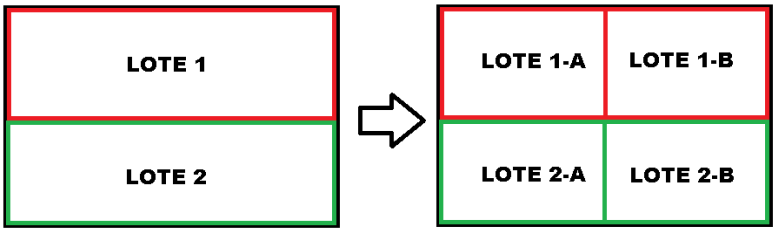

Figura 3.4.: *Diagrama representativo del antes y después de los lotes con una alta cantidad de repuestos. Se espera que se minimice el tiempo de búsqueda.*

- Encomendar al desabollador a asistir al repositor

Esta medida tiene un costo de implementación despreciable, elimina la espera del desabollado considerablemente y por último, aprovecha la habilidad de manejo de repuestos por parte del desabollador, eliminando el octavo muda.

3.2. Resultados

3.2.1. Validación de hipótesis

Para validar la hipótesis planteada habría que analizar el efecto cuantificado en la cadena de valor tras implementar las propuestas de mejoramiento. Se comenzó implementando las mejores prácticas según eficacia y costo de implementación que son: Asistencia al repositor por parte del desabollador y división de los lotes 1 y 2 del inventario.

Para la primera mejor práctica se cuantificó la cantidad de veces diarias en que un desabollador debe ir al departamento de repuestos a solicitar un repuesto para su orden de

trabajo. El ritmo regular es de 2 visitas diarias, una antes del horario de colación y otra después, multiplicado por los 4 desabolladores disponibles en la planta, se obtiene un total 8 veces en que el repositor debe realizar búsquedas de relativamente mayor demora en un día laboral.

Según la tabla 3.2. el tiempo que demora un desabollador en recibir su repuesto es 60 segundos en el mejor de los casos, 3 minutos en un caso realista y 10 minutos en un caso pesimista.[5]

Una vez que se haya encontrado el repuesto, se le indica al desabollador para que lo vaya a trasladar a su estación de trabajo mientras el repositor continúa con la búsqueda de otro repuesto (dentro de lo posible un repuesto que él mismo pueda trasladar a la estación de trabajo), si el repositor encuentra un repuesto antes de que vuelva el desabollador, él mismo lo va a trasladar a la estación de trabajo.

Bajo esta lógica anterior, se espera que para una cantidad par de repuestos solicitados el tiempo de espera antes de que el desabollador comience su trabajo, se reduce a aproximadamente la mitad, tal como se puede apreciar en la siguiente tabla:

[5] El tiempo realista fue cronometrado en el acto para un maestro de cada etapa, los tiempos realista y optimista de cada etapa fueron consultados a los repositores.

Repuestos Solicitados durante implementación de buena práctica	**Desabollado**		**Armado**
	Tiempo nuevo de espera [s]	**Tiempo antiguo de espera [s]**	**Tiempo antiguo de espera [s]**
K=1	75	75	50
K=2	75	150	100
K=3	150	225	150
K=4	150	300	200
K=5	225	375	250

Tabla 3.3.: *Tabla de tiempos de búsqueda estimados de k repuestos para atender desabolladores y armadores. La columna de tiempo nuevo incorpora la asistencia del desabollador, la reducción es a la mitad por cada cantidad par de repuestos. El tiempo realista corresponde al de 4 repuestos para el caso de desabollado y 3 repuestos para el caso de armado.*

Por otro lado, la incorporación de dos nuevas ubicaciones en el inventario requiere una actualización en la base de datos del inventario virtual, la cual figura como un costo logístico de información que no debe tomar más de una hora en cursarse. De toda la cantidad de repuestos que se hallaron en los Lotes 1 y 2, en el momento se halló aproximadamente un 60% de repuestos pertenecientes a desabollado y un 25% de repuestos pertenecientes a armado (el 15% restante que se halla en esos lotes corresponde a repuestos utilizados en las estaciones restantes), en los cuales se encuentran molduras y focos, que son los de mayor tamaño en esta estación.

Otra medida que se decide tomar es identificar qué porcentaje del total de los repuestos de desabollado y de armado se hallan efectivamente en los lotes 1 y 2. Afortunadamente, la base de datos que contiene el inventario virtual de la empresa tiene la capacidad de filtrar según descripción al introducir palabras clave como por ejemplo: “Soporte”, “Moldura”, “Foco”, “Parachoques”, etc. Las cifras obtenidas para ambas etapas según indica la base de datos son las siguientes:

Etapa	**Total de repuestos en Inventario [unidades]**	**Total de repuestos en Lotes 1 y 2 [unidades]**	**Proporción**
Desabollado	48	28	58,33%
Armado	62	12	19,35%

Tabla 3.4.: *Proporción instantánea de repuestos de desabollado y de armado que se hallan en los lotes divididos.*

Por lo que se establece que con esta nueva medida, hay una probabilidad de un 58,33% de que la solicitud de un desabollador requiera la mitad de tiempo de búsqueda de un repuesto. Por otro lado hay una probabilidad de un 19,35% de que la solicitud de un armador requiera la mitad de tiempo de búsqueda. El supuesto de que requiera la mitad de tiempo para ambos casos se debe a que tras dividir los lotes, se debe explorar la mitad de espacio con la misma velocidad de búsqueda.

También es necesario considerar los casos en que se requieran más de un repuesto por solicitud, para este caso se necesita utilizar la probabilidad conjunta del evento de encontrar un repuesto en los nuevos lotes, calculada con la siguiente fórmula cuyos resultados se encuentran en la tabla del Anexo E:

$$P_{n,k} = \frac{n!}{(k-n)!\,k!} * r^{k-n} * (1-r)^{n}$$

<u>Fórmula 3.1.:</u> *Probabilidad de encontrar n repuestos de una orden de trabajo de un total de k repuestos en un lote dividido. r es la proporción instantánea de repuestos totales de cierto tipo encontrados en un lote dividido.*

Luego se distribuye la probabilidad de los eventos finalmente encontrando el tiempo esperado tras la división de los lotes, si todos los repuestos presentes en la orden de trabajo se encuentran en los lotes 1 y 2, el tiempo de búsqueda es reducido a la mitad, a medida que menos repuestos se hallan en la orden de trabajo, el tiempo de búsqueda va aumentando gradualmente. La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$E(t_k) = \sum_{i=k}^{2k} \frac{i}{2k} * t_{i-k} * P_{i-k,k} \quad \forall k$$

<u>Fórmula 3.2.:</u> *Tiempo esperado de hallar los k repuestos de una orden de trabajo. t es el tiempo que tomaría la búsqueda para distintas cantidades de repuestos en los lotes divididos y P es la probabilidad de hallar las distintas cantidades en el lote dividido en el total de k repuestos.*

Cantidad de repuestos [unidades]	Desabollado		Armado	
	Tiempo de búsqueda esperado tras dividir los lotes [segundos]	**Porcentaje de reducción**	**Tiempo de búsqueda esperado tras dividir los lotes [segundos]**	**Porcentaje de reducción**
1	53,12	29,17%	45,16	9,68%
2	53,12	29,17%	90,33	9,68%
3	106,21	29,17%	135,49	9,68%
4	106,21	29,17%	180,63	9,68%
5	159,30	29,17%	225,81	9,68%

Tabla 3.5.: *Esperanzas de tabla de tiempos de búsqueda de k repuestos para atender desabolladores y armadores una vez divididos los lotes. El porcentaje reducido en tiempo es el mismo independiente de la cantidad k de repuestos indicadas en la orden de trabajo.*

En base a los resultados obtenidos se puede ver que para los escenarios aleatorios de órdenes de trabajo con n repuestos, lo que se espera a modo de ahorro de tiempo de búsqueda en la orden de trabajo es exactamente la mitad de la proporción de repuestos que se hallan en la ubicación donde se realiza la división.

Ya una vez calculada la esperanza de tiempo de espera futuro previas a las actividades de desabollado y armado, se incorporan los resultados en una cadena de valor de estado futuro, un paso fundamental para la concluir la validación de la hipótesis planteada. Con los

tiempos actualizados que se muestran en la tabla XX del ítem de Anexos, los nuevos bloques de variable se manifiestan de la siguiente forma en el estado futuro de la VSM previamente construida:

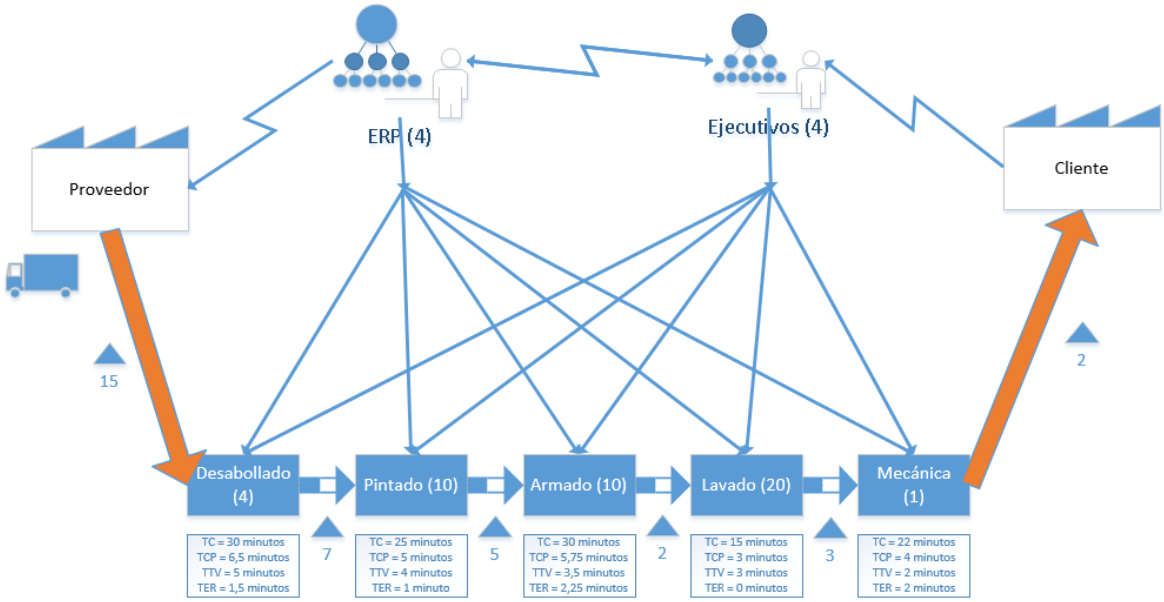

Figura 3.5.: *Diagrama representativo del proceso de negocios principal de la sucursal de desabollado y pintado en estado futuro.*

El tiempo de ciclo individual se mantiene constante respecto del estado real, siendo este de 122 minutos por restauración, por otro lado, bajo estas medidas el tiempo de cambio de producto se redujo a 24,25 minutos. La tasa de actividades que agregan valor subió a un 83,42% y las actividades que no agregan valor resultaron ser un 16,58% dentro de la cadena de valor principal del proceso de negocio. Finalmente, se halla una reducción del 2,09% de actividades que no agregan valor y aumentando el ritmo de tasa de producción respecto de la velocidad de la demanda se espera que en el largo plazo la estación de

trabajo de desabollado sea tan ágil para reducir la cantidad de vehículos que se encuentran en el almacén previo a dicha estación de trabajo, y logrando reducir en cierto grado el tiempo de traslado de vehículo del desabollador (TTV). Finalmente, la nueva teoría de gestión puede ser construida y la hipótesis establecida en el ítem anterior es validada.

3.2.2. Nueva teoría de gestión y presentación final del Feedback

La última etapa de la metodología consiste en convocar al "Business Champion" y la gerencia de operaciones y presentar de manera concisa los hallazgos, las causas raíces, la nueva teoría de gestión y los beneficios que se esperan una vez implementada dicha teoría.

La nueva teoría de gestión se resume en las dos medidas encontradas a base de las oportunidades de mejoramiento, que son las siguientes:

- Dividir los lotes 1 y 2 del inventario
- Que el desabollador asista al repositor a trasladar los repuestos ya encontrados

Se comunica la cifra más importante que es el porcentaje en aumento de actividades que efectivamente agregan valor a la cadena de procesos, producto de reducir el tiempo gastado en actividades que no agregan valor. Para cuantificar cual sería el beneficio esperado tras implementar la nueva teoría de gestión es necesario reconsiderar cierta información proporcionada en el primer día y combinarla con los outputs hallados.

Recordando la cifra de horas disponibles diarias que es de 540 minutos. Antes se completaban 3,60 restauraciones por día y ahora se completan 3,70 por día, un incremento de 0,1 restauraciones diarias. Entonces, si el beneficio promedio por orden de trabajo concluida es de $750.000, en un día hábil el beneficio puede alcanzar a $75.000 y en un mes (20 días hábiles) el beneficio puede ascender a $1.500.000.

Una vez comunicado las cifras del beneficio esperado queda a criterio del "Business Champion" y la gerencia de operaciones realiza la toma de una última decisión. Si la decisión es tomada positivamente, se desarrolla un plan de acción para poner en práctica la nueva teoría de gestión, la cual se compone de los puntos de la previamente establecida teoría nueva de gestión y las actividades necesarias que subyacen para lograr su realización:

- La asistencia al repositor por parte del desabollador una vez que se halla localizado un repuesto.
- La división de los lotes 1 y 2 del inventario de repuestos en forma física en partes iguales y procurando que entre las divisiones resultantes haya una cantidad parecida de repuestos.
- Actualizar la base de datos que contiene el inventario virtual con los repuestos aún por despachar.

Una vez desarrollado y definido en forma clara el plan de acción se puede llevar a cabo su ejecución ya catalogando las soluciones según implementación en el corto-mediano-largo plazo, considerando fechas para impartir las actividades y los costos que implica. Con este hito la metodología QSAM o metodología de auditoría de escaneo ágil en una planta de Desabolladura y Pintura nacional concluye su última etapa.

CONCLUSIONES

La metodología QSAM o Metodología de escaneo y auditoría ágil, busca realizar un análisis en un período acotado de tiempo, el cual puede variar dependiendo del tamaño de la planta que se está analizando, la complejidad de su proceso de negocio y la frontera que el analista define para realizar el estudio, su implementación y los resultados provenientes llevan a las siguientes conclusiones:

- Según el ejemplo en la línea de ensamblaje chilena los resultados indican que las actividades que no agregan valor pueden ser fáciles de distinguir pero las oportunidades de mejoramiento pueden ser aprovechables en otras circunstancias. Otras instancias[6] donde se implementó la metodología muestran que hay oportunidades de mejoramiento a nivel más estratégico que táctico-operativo como los resultados obtenidos en el ejemplo.

- Un punto que es necesario enfatizar es el concepto de "inventario". Se definió este concepto como un "muda", dado que son productos inamovibles dentro de la planta que el cliente no puede gozar. Según Sondalini (2005) y GembaProductionsEspañol (2017) el inventario entre las estaciones de trabajo figura como la actividad que implica todo el tiempo máximo que requiere procesar el producto-semielaborado

[6] Dos instancias de la implementación de la metodología QSAM vienen adjuntas en el ítem de Referencias: "*Internationalising the Quick Scan Audit Methodology"* (2013) y *"The application of the Quick Scan Audit Methodology in SME's"* (2003).

hasta que llegue a las manos del cliente final. Sin embargo, en este ejemplo se consideró a lo que correspondería al inventario transitivo en el VSM como el producto semi-elaborado y no como inventario en sí, dado que el inventario real al que todos en la planta se refiere son los repuestos de ERP en sí. Y aquel inventario como todos los inventarios en las plantas tipo assembly-line son JIT o just-in-time, en otras palabras, está configurado de tal manera que el trabajador siempre obtenga los repuestos en el instante en que los solicitó (o un tiempo bajo no despreciable) se encuentre activo en una orden de trabajo. El instante en que el cliente fija una orden de trabajo y la empresa que provee los repuestos a la planta, sea cual sea, fija el lead time logístico de dicha orden de trabajo en específico, sin embargo, no tiene efecto en la fluidez de la cadena de valor y no quita que se deban eliminar al máximo las actividades que no agregan valor.

- Acerca del cimiento del análisis con que consta la metodología, el cual es el mapeo de flujos de valor, es una herramienta cuyos indicios de una mediocre cadena de flujos de valor se muestran en los inventarios transitivos que yace entre las actividades principales del proceso de negocio. La metodología QSAM ayuda en forma directa a la interpretación de esta para encontrar causas que correspondan a los 6 diferentes mudas. Por ejemplo, la cola de vehículos previa a la etapa de desabollado era consecuencia del tiempo de espera del desabollador para tener todos sus repuestos solicitados en su estación de trabajo, haciendo surgir una categoría de “muda” diferente.

- Un indicador de desempeño importante el cual no se consultó es la rotación de inventario, que es para este contexto en específico el cociente entre el costo en mercancías y el costo promedio por mantenimiento de ellos. La rotación de repuestos tiene una directa proporcionalidad con la velocidad de las actividades en el proceso de negocio y por ende, los vehículos que van rotando en los distintos almacenes. Por lo que se recomienda que se consulte este indicador y no solo se deba interpretar el inventario transitivo entre procesos del VSM como un despilfarro.

- Es recomendable consultar comportamientos o tendencias del largo plazo pasado, retomando lo mencionado acerca del inventario transitivo, es necesario saber si ese inventario ha incrementado en el tiempo ya que en ese caso la capacidad de inventario o en este caso, el tamaño limitado de los almacenes llega a presentar problemas. La metodología QSAM utiliza una cadena de valor de estado presente, con información de cómo se muestran las circunstancias en el momento, lo cual es conveniente para una metodología que requiere pocos días destinados a análisis incluso para empresas de mayor tamaño, pero no logra comunicar la gran importancia (al menos de las referencias encontradas) de extraer información acerca de comportamientos en el largo plazo durante la fase de cuestionarios que potencialmente puede atraer soluciones más certeras, solamente se refieren a soluciones en el corto, mediano y largo plazo, incluso excluyendo los escenarios en

que se muestren eventos insólitos como apagones mediáticos, accidentes o desastres que interrumpan y causen caídas bruscas en la actividad del proceso de negocios.

- De la misma forma que se deben considerar tendencias pasadas, es recomendable considerar un promedio tras haber transcurrido un tiempo desde que se implementó la nueva práctica para obtener un beneficio esperado más certero, lo cual significaría una desventaja de ésta metodología debido a su corta duración; se está aceptando un riesgo de que el estado futuro de la cadena de valor obtenida para validar la hipótesis no perdure de misma forma en el largo plazo futuro.

- Acerca de los puntos que componen el plan de acción, la asistencia al repositor por parte del desabollador implica una resolución más simple pero que requiere más compromiso en el largo plazo que la división de los lotes. Como se vio en los resultados, la espera se disminuye a la mitad y se hace ocupación de la habilidad (o más bien facilidad) de manejo de repuestos por parte del desabollador, eliminando así un octavo “muda”. Sin embargo, se vio que esta maniobra está fuera de las responsabilidades del cargo del desabollador y el beneficio puede verse como marginal, por lo que no se asegura que coopere el 100% de las veces, a pesar de que un fuerte incentivo para los maestros es que las remuneraciones son en base a desempeño y rapidez. Por otro lado la división de lotes tiene un efecto menor sobre la eliminación de actividades que no agregan valor y sin embargo, abren una nueva área de investigación, lo encontrado hace surgir otras problemáticas como

divisiones en 3 partes o más donde puede haber un beneficio aún más significativo en empresas jóvenes que necesitan organizar su inventario o encasillarlo en localizaciones más acotadas.

- Bien el VSM es solamente utilizado como una herramienta para análisis, la metodología QSAM logra incluir aspectos acerca del recurso humano, por ejemplo, desempeño, comunicación, confiabilidad y habilidad, pero aún falta desarrollarse en aspectos conductuales o psicológicos. Bien es racional para los desabolladores asistir al repositor para obtener una remuneración mayor, algunos no consideran implementar esta solución por temas de conformismo con la remuneración que tenían antiguamente.

- También podrían existir ciertos escenarios donde una cadena de valor tradicional es más valor digitalizada para analizar con la metodología propuesta por temas de complejidad, en caso contrario, aún hay características propias de una línea de ensamblaje que permite que se obvien ciertas partes sobre todo en las logísticas de información pero no las exime de que se puedan mejorar. Pueden asumirse valores aproximados para los indicadores de desperdicio en la logística de la información con tal de simplificar el análisis y sin dejar de considerar que el flujo de información en una empresa es tan importante como el flujo material, tal es el caso de la planta de desabollado y pintado del ejemplo.

ANEXOS

ANEXO A

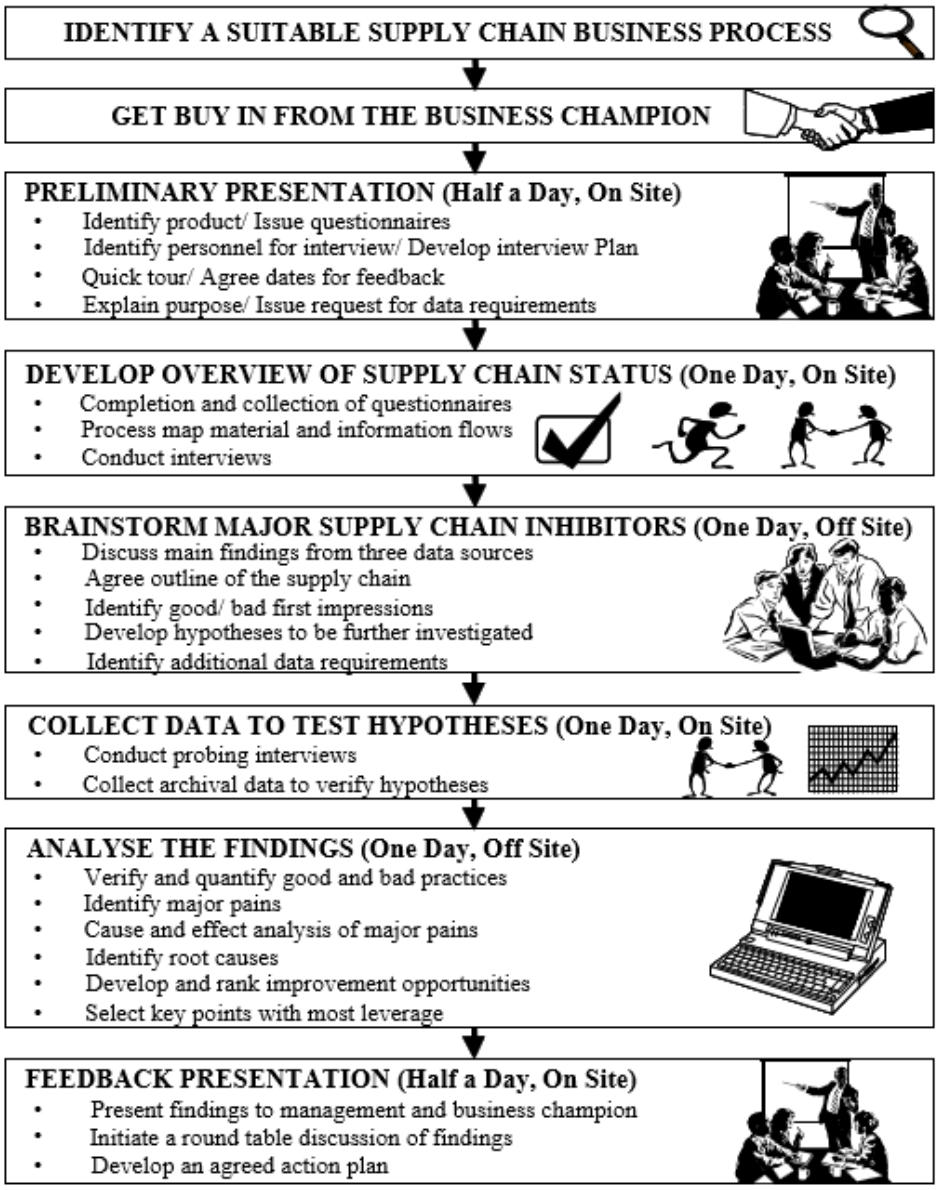

Figura N°A.1.: *Esquematización resumen del proceso QSAM.*

ANEXO B

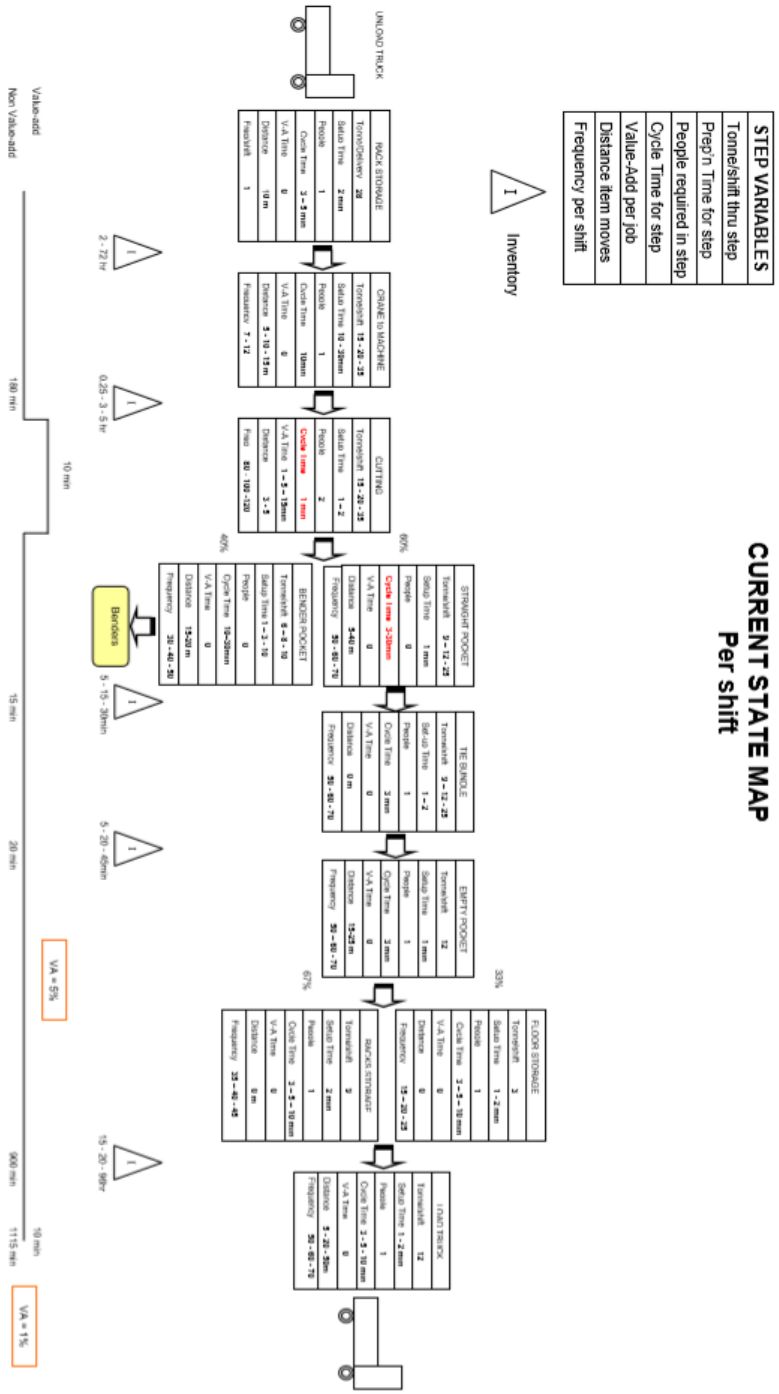

Figura N°B.1.: *Ejemplo de un mapa de cadena de valor con información numérica de cada actividad en estado presente.*

ANEXO C

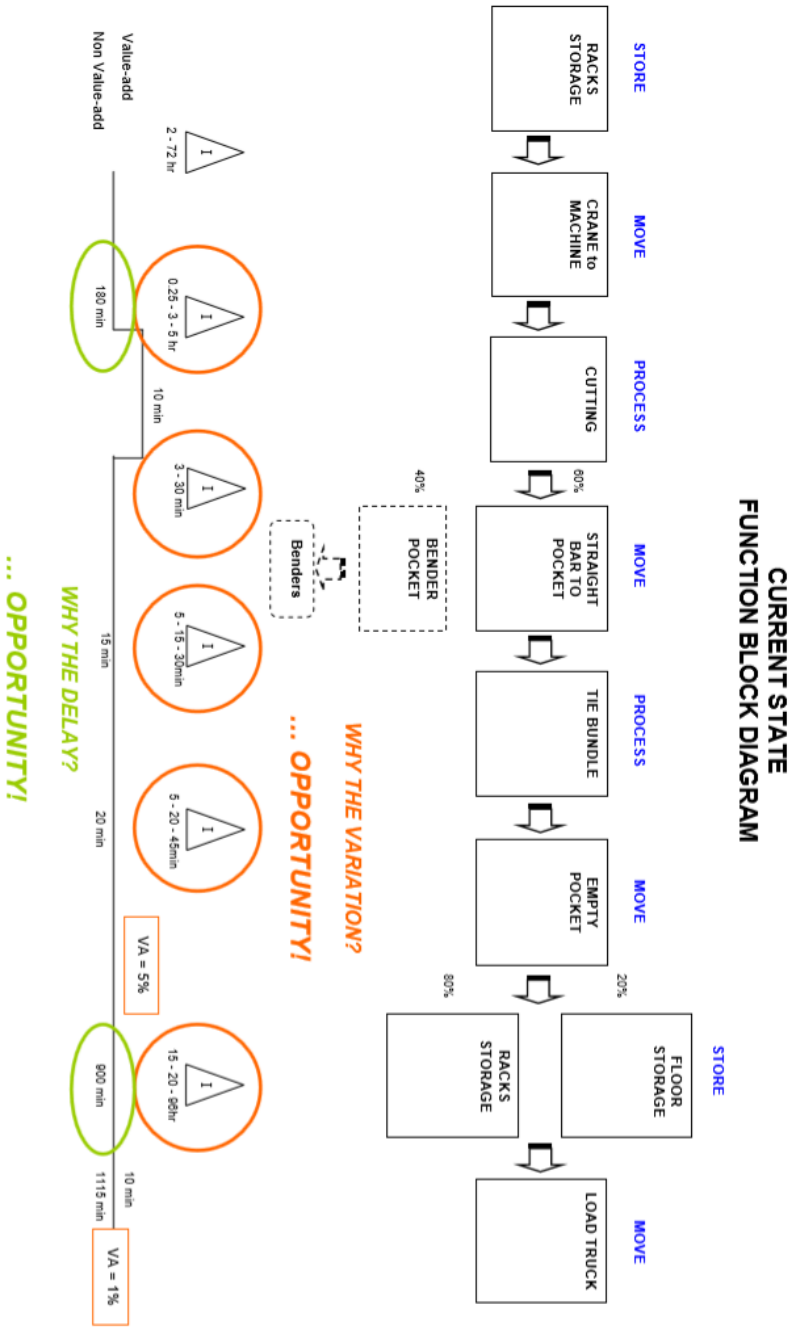

Figura N°C.1.: *Ejemplo de un diagrama de bloque de cadena de valor de cada actividad en estado presente*.

ANEXO D

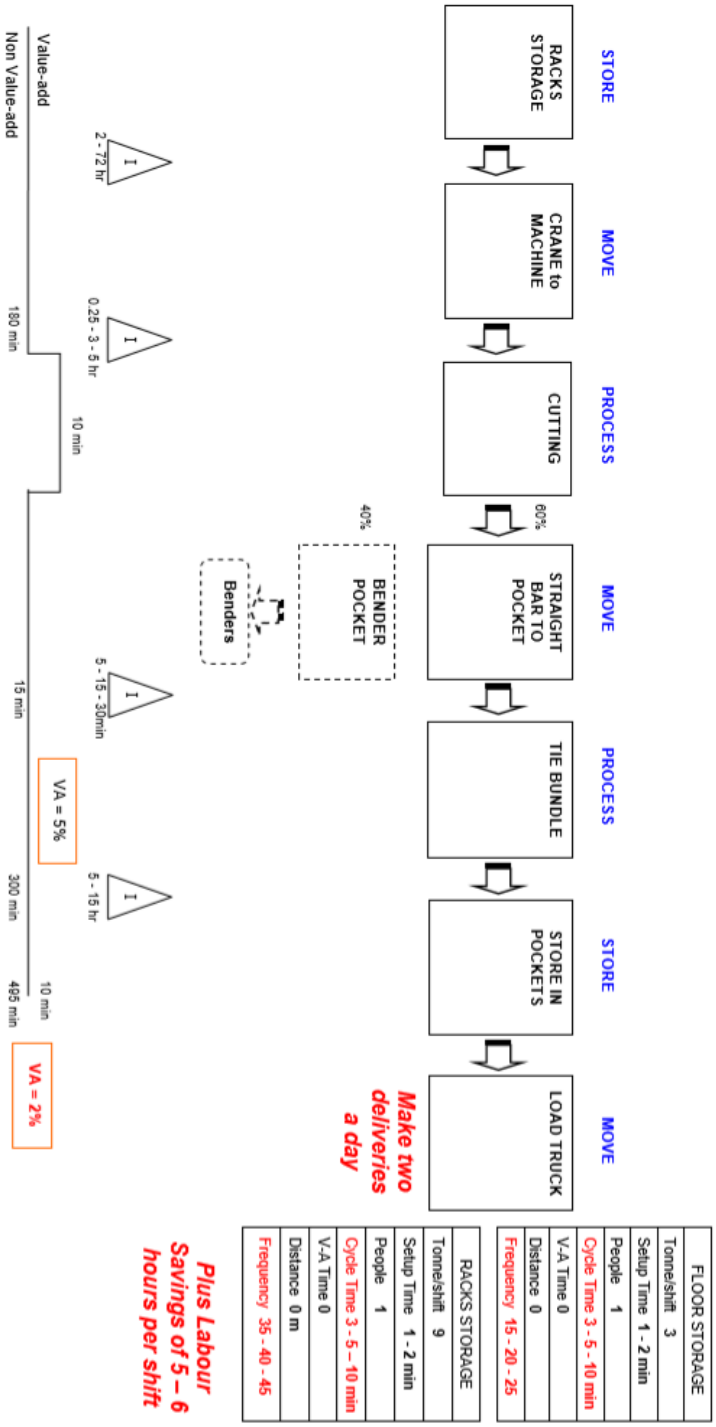

Figura N°D.1.: *Ejemplo de un diagrama de bloque de cadena de valor de cada actividad en estado futuro una vez aplicada la teoría de gestión que dicta que se realicen dos despachos diarios.*

ANEXO D

Tiempos/Etapa	Desabollado	Pintado	Armado	Lavado	Mecánica
Tiempo de Ciclo (TC)	40 minutos	35 minutos	50 minutos	20 minutos	25 minutos
Tiempo de Cambio de Producto (TCP)	6,5 minutos	5 minutos	6 minutos	3 minutos	4 minutos
Tiempo de Traslado de Vehículo (TTV)	5 minutos	4 minutos	3,5 minutos	3 minutos	2 minutos
Tiempo de Espera de Repuesto (TER)	1,5 minutos (95,592 s)	1 minutos	2,25 minutos	0 minutos	2 minutos

Tabla N°E.1.: *Tabla de nuevos lead times que no añaden valor al producto según etapa.*

ANEXO E

Escenarios [n de k] (Repeticiones)	Probabilidad de que n de k repuestos de desabollado se encuentren en los lotes [%]	Probabilidad de que n de k repuestos de armado se encuentren en los lotes [%]
0 de 1	41,67%	80,65%
1 de 1	58,33%	19,35%
0 de 2	17,36%	65,04%
1 de 2	48,61%	31,21%
2 de 2	33,99%	3,74%
0 de 3	7,29%	52,46%
1 de 3	30,39%	37,76%
2 de 3	42,51%	9,06%
3 de 3	19,81%	0,72%
0 de 4	3,01%	42,30%
1 de 4	16,88%	40,60%
2 de 4	35,45%	14,61%
3 de 4	33,07%	2,34%
4 de 4	11,55%	0,14%
0 de 5	1,25%	34,12%

1 de 5	8,79%	40,93%
2 de 5	24,6%	19,64%
3 de 5	34,46%	4,71%
4 de 5	24,12%	0,06%
5 de 5	6,75%	0,01%

Tabla N°E.1.: *Tabla de probabilidades de que n de k repuestos de una específica actividad en una orden de trabajo se hallen en los lotes divididos.*

REFERENCIAS

Banomyong R., Basnet C., Childerhouse P., Deakins E., Disney S.M., Naim M.M., Towill D.R. (2013) ***"Internationalising the Quick Scan Audit Methodology"*** Department of Management Systems, Waikato Management School, Nueva Zelanda.

Boehme T., Ma Y., Childerhouse P., Corner J., Seuring S., Basnet C., Deakins E. (2003) ***"The application of the Quick Scan Audit Methodology in SME's"***, Department of Management Systems, Waikato Management School, Nueva Zelanda.

Eisenhardt, K. M. (1989). ***"Building theories from case study research."*** Academy of Management Review, 14(4), 532-550.

Hartmann L., Meudt T., Seifermann S., Metternich J. (2018). ***"Value stream method 4.0: holistic method to analyse and design value streams in the digital age"*** , Institute of Production Management Technology and Machine Tools, Otto-Berndt-Strabe 2, 64287, Germany

Porter M. (1985) ***"Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance"***

Sondalini M., (2005) ***"How to do Value Stream Mapping"***, Lifetime Reability Solutions.

GembaProductionsEspañol (2017) ***"Mapa de la Cadena de Valor / VSM"***, Youtube.