

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD. JUÁREZ
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



**INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE ÁREA DE RE-EMPAQUE MEDIANTE
LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CON
ÉNFASIS EN MANUFACTURA ESBELTA**

**TESIS
QUE PRESENTA**

LEONOR ELBA MUÑIZ ACOSTA

**COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Cd. JUÁREZ, CHIH.

OCTUBRE 2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi esposo Rafael Delgado por su apoyo incondicional durante todo el proceso que llevó la elaboración de esta Tesis. A mis hijos Diego y David que son mi motivación para ser mejor. A mi madre Socorro, porque plantó en mi la semilla de la superación. A mi padre y a mis hermanos, Alba, Mateo, Ivan y Lulú, porque siempre me han apoyado. A mi amiga Zulema. A todos y cada uno de ellos dedico este mi trabajo de Tesis con todo mi cariño.

AGRADECIMIENTOS

En este apartado quisiera agradecer primeramente a mi Director de Tesis el Doctor Ulises Martínez Contreras que con su conocimiento y apoyo permitió que en cada paso de la elaboración de esta Tesis mi proyecto fuera enriquecido y mis conocimientos fueran ampliados.

Mi especial agradecimiento a todo el personal de BRP y JLC que permitieron que mis actividades fueran llevadas a cabo sin contratiempos y en un ambiente muy agradable de cooperación. Principalmente quiero mencionar a Gilberto Villarreal porque fue el puente entre BRP y JLC y su ayuda me permitió recibir el soporte requerido. Luisa Morales que como Gerente del Departamento de Logística asignó personal para que colaboraran conmigo en muchas actividades. Alejandra Torres que fue la facilitadora durante todo el proyecto y su trato amable hizo más fácil todo el proceso. Ernesto Ayala que me apoyo en todas las actividades que tuvieron que ver con Logística. Martín Mercado que como Gerente de JLC me permitió permanecer en sus instalaciones y trabajar junto con sus empleados para obtener la información y llevar a cabo las actividades requeridas. A los operadores Luis, Manuel Pérez, Arturo, Javier Chacón, Rogelio Guerra, Alonzo y varios más que colaboraron amablemente conmigo durante toda mi estancia en JLC.

A mis sinodales, Dr. Jaime Sánchez Leal, M. C. Mirella Parada González, M. C. Ma. De los Ángeles Ramírez Ambriz, ya que sus aportaciones, comentarios y correcciones perfeccionaron mi trabajo de Tesis. A todos mis maestros que compartieron sus conocimientos y vivencias durante la impartición de sus cátedras. A mis compañeros de Maestría ya que su profesionalismo permitió que en cada materia nuestras metas académicas fueran alcanzadas.

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en la empresa Penske-JLC, la cual brinda los servicios de logística a la empresa BRP, durante el período de febrero a agosto del 2018, contando con la participación de empleados de JLC y BRP. El propósito fue mejorar el desempeño del área de re-empaque de JLC con el uso de la ingeniería industrial con un enfoque de Manufactura Esbelta. Para ello fue necesario identificar las oportunidades de mejora en el área, las cuales quedaron clasificadas en tres áreas de oportunidad: La eliminación de componentes a reempacar, la detección y eliminación de actividades que no agregan valor en el proceso de re-empaque y la mejora de la estación de trabajo. De ahí que la justificación del presente trabajo radicó en la mejora de las condiciones de trabajo de los empleados, la eliminación de desperdicio de material de empaque e incentivar la vinculación entre las empresas e instituciones educativas.

Se recabó información en artículos, libros y en el internet sobre casos de estudio relativos a la Manufactura Esbelta, sus herramientas, cálculo de la productividad, tomas de tiempos, herramientas para el diseño y evaluación de estaciones de trabajo, empaque y simulación. Esta información permitió tener un mayor conocimiento del tema al ser relevante y actual.

La metodología de trabajo fue llevada a cabo en tres etapas: Etapa de Evaluación general del área, para entender su funcionamiento. Etapa de Análisis, donde se hizo uso de herramientas como Mapa de la Cadena del Valor, Análisis 5Ss, Diagramas de flujo y Espaguetti, análisis ergonómico REBA, las cuales permitieron identificar los desperdicios y áreas de oportunidad del departamento. Por último, la Etapa de Propuestas, en la cual se generaron propuestas para la mejor distribución del área, el mejoramiento de la estación de trabajo, la eliminación de actividades que no agregaban valor durante el proceso y detección de componentes que no requerían ser reempacados.

Al implementar los cambios se pueden obtener los siguientes resultados: 1) Una mejora del 33% en la productividad de la mano de obra directa del departamento, 2) La

eliminación del re-empaque del 4.39% de los componentes que actualmente se reempacan,
3) Disminución del nivel de riesgo de la estación de trabajo de Medio a Bajo.

De esa manera se llega a las siguientes conclusiones: a) la aplicación de las herramientas de Manufactura Esbelta permite lograr mejoras significativas en la eliminación del desperdicio, y b) es importante tener una visión de Manufactura Esbelta desde el diseño del Sistema de Manufactura para evitar tener actividades como el re-empaque que no agregan valor al producto.

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABLAS	X
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2.1. Descripción del Problema	3
2.2. Preguntas de Investigación	6
2.3. Hipótesis de Investigación	6
2.4. Objetivos de la Investigación	6
2.5. Justificación de la Investigación	7
2.6. Delimitación de la Investigación	8
3. MARCO TEÓRICO	9
3.1. Manufactura Esbelta	9
3.1.1. Implementación de la Manufactura Esbelta	11
3.1.1.1. Factores Críticos para la Implementación de la Manufactura Esbelta	13
3.1.1.2. Implementación de la Manufactura Esbelta en Empresas Pequeñas ...	16
3.1.1.3. Caso de Estudio en una Empresa Maquiladora.	18
3.1.2. Herramientas de la Manufactura Esbelta	20
3.1.2.1. Mapa de la Cadena del Valor (VSM)	20
3.1.2.2. Demostración de un VSM en un Caso de Estudio	22
3.1.2.3. Grupos Tecnológicos	24
3.1.2.4. Mejoramiento Continuo (Kaizen)	26
3.1.2.5. 5 S	26
3.1.2.6. Trabajo Estándar	28
3.2. Productividad	29
3.3. Evaluación Rápida de Cuerpo Entero (REBA)	30
3.4. Diseño de una Estación de Trabajo	34
3.5. Estudio de Tiempos	37

3.5.1. Estándares de Tiempo	37
3.5.2. Requerimientos del Estudio de Tiempos	38
3.6. Empaque	39
3.7. Modelación y Simulación	40
3.8. Protección y Prevención de Incendios	42
4. MATERIALES Y MÉTODOS	44
4.1. Etapa de Observación	45
4.2. Etapa de Análisis.....	46
4.3. Etapa Elaboración de Propuestas	49
5. RESULTADOS	56
5.1. Resultados en la Eliminación de Componentes a Reempacar	56
5.2. Resultados de la Reducción en los Tiempos de Empaque	57
5.3. Resultados de Simulación para Mostrar el Aumento en la Productividad.....	60
5.4. Resultados Nivel de Riesgo Asignado por REBA de la Postura de Trabajo.	63
6. CONCLUSIONES	65
REFERENCIAS.....	67
ANEXO 1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE BINS	70
ANEXO 2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE CANASTILLA P4, P3.....	71
ANEXO 3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE CANASTILLA R4	72
ANEXO 4 DIAGRAMA DE ESPAGUETI AREA RE-EMPAQUE ANTES	73
ANEXO 5 MAPA DE LA CADENA DEL VALOR JLC MAYO 2018	74
ANEXO 6 HOJA PARA TOMA DE TIEMPOS	78
ANEXO 7 RESUMEN DE TOMA DE TIEMPOS	79
ANEXO 8 HOJA DE EVALUACIÓN DEL EMPLEADO REBA.....	81
ANEXO 9 TABLAS CON LOS PORCENTAJES DE LAS ACTIVIDADES QUE NO AGREGAN VALOR POR TIPO DE CONTENEDOR	82
ANEXO 10 COMPONENTES IDENTIFICADOS PARA CAMBIO DE EMPAQUE DEL PROVEEDOR ..	84
ANEXO 11 COMPONENTES IDENTIFICADOS POR PLANTA PARA ELIMINAR DE RE-EMPAQUE.	85
ANEXO 12 PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE ÁREA	87

ANEXO 13 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PRODUCCIÓN POR DÍA	88
ANEXO 14 MODELO DE SIMULACIÓN ÁREA DE RE-EMPAQUE ACTUAL.....	89
ANEXO 15 HOJA DE EVALUACIÓN REBA POSTURAS ANTES Y DESPUÉS.....	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Área de Re-empaque	4
Figura 2.2 Proceso de Re-empaque canasta P4	4
Figura 2.3 Tendencias de Re-empaque para la Planta BRP JRZ1	5
Figura 2.4 Tendencias de Re-empaque para la Planta BRP JRZ2	5
Figura 3.1 Casa de la Manufactura Esbelta	17
Figura 3.2 Mejoras en Productividad después de Manufactura Esbelta (Matt, 2013).....	18
Figura 3.3 Iconos Usados para un VSM	22
Figura 3.4 Ejemplo de un VSM (Rohac, 2015)	23
Figura 3.5 Ejemplo de Puntuaciones usando REBA	33
Figura 4.1 Metodología Desarrollada durante la Fase Materiales y Métodos	44
Figura 4.2 Postura Actual Evaluada con la Herramienta REBA	48
Figura 4.3 Diagrama de Flujo para Elaboración de Modelo de Simulación.....	53
Figura 5.1 Diagrama de Caja Comparando el Valor de la Ho contra la Media de los Tiempos de los Bins.....	58
Figura 5.2 Diagrama de Caja Comparando el Valor de la Ho contra la Media de los Tiempos de las canastas P4/3.....	59
Figura 5.3 Modelo de Simulación Propuesto.....	62
Figura 5.4 Postura de Trabajo Mejorada.....	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1 Los Siete Desperdicios según Ohno (1988).....	11
Tabla 3.2 Factores críticos para la implementación de la Manufactura Esbelta (Almanei, 2017)	13
Tabla 3.3 Factores para éxito o fracaso en la implementación de la Manufactura Esbelta (Pearce, 2018)	14
Tabla 3.4 Problemas, Causas y Propuestas después de un VSM.....	24
Tabla 3.5 Actividades 5S	27
Tabla 3.6 Clasificación del Riesgo de Acuerdo con REBA	34
Tabla 3.7 Guía para el diseño de una estación de trabajo	36
Tabla 4.1 Relación entre Tipo de Contenedor y Frecuencia de Re-empaque.....	55
Tabla 5.1 Componentes Eliminados de Re-empaque	57
Tabla 5.2 Resultados de Minitab de Prueba de Hipótesis para Tiempos de Bins.....	57
Tabla 5.3 Resultados de Minitab de Prueba de Hipotesis para Tiempos Canasta P4/P3..	58
Tabla 5.4 Resultados de Minitab de Prueba de Hipotesis para Tiempos de Canasta R4..	59
Tabla 5.5 Resultados de Corridas de Simulación con Tiempos Actuales.....	60
Tabla 5.6 Utilización por Estación con Nuevos Tiempos y Cuatro Operadores	61
Tabla 5.7 Utilización por Estación con Nuevos Tiempos y Tres Operadores	61
Tabla 5.8 Resultados de Corridas de Simulación después de Propuestas.....	62
Tabla 5.9 Comparación entre Productividad Inicial y Final con Propuestas	63
Tabla 5.10 Comparativa de Puntuaciones REBA antes y después de Propuestas	64

1. INTRODUCCIÓN

La globalización presenta nuevos desafíos a las empresas ya que deben ser flexibles y adaptarse a las nuevas necesidades del mercado. Todas las áreas de las compañías requieren ser más productivas y eficientes, el área de logística y distribución no está exenta y sus retos son mayores al ser un departamento que normalmente no se ha incluido dentro de los procesos de mejora continua.

La tendencia actual va enfocada a implementar las estrategias de Manufactura Esbelta a todas las áreas de la cadena de suministro, incluido el almacén para buscar eliminar todo aquello que no agrega valor al producto. El concepto de Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing, por su nombre en inglés) no solo desafió las prácticas de producción de la industria automotriz, sino que se enfocó en una amplia gama de áreas de manufactura y servicio más allá del ambiente de producción en masa. Este concepto fue citado por primera ocasión en 1990 y se ha convertido en uno de los conceptos más referenciados por la gerencia de operaciones en la última década (Holweg, 2007).

Aunque el concepto de Manufactura Esbelta ha sido discutido extensivamente en la última década, solo pocos autores como White, Conner o Achanga han discutido su implementación en pequeñas empresas, las cuales no tienen la certeza de que los resultados de implementar estas estrategias serán tangibles y por el contrario tienen la idea de que será costoso y tardado. Comparadas con las grandes firmas tienen menos recursos y frecuentemente menos acceso a capital, teniendo como resultado la poca adopción de estrategias que pueden resultar costosas a su punto de vista (Matt, 2013).

El almacén es una unidad de servicio y soporte en la estructura orgánica y funcional de una empresa con objetivos bien definidos de resguardo, custodia, control y abastecimiento de materiales y productos. Anteriormente, era solo un espacio dentro de la organización, ahora es una estructura clave que provee elementos físicos y funcionales capaces de incluso generar valor agregado. El objetivo general de la gestión de almacenes

consiste en garantizar el suministro continuo y oportuno de los materiales y medios de producción requeridos para asegurar los servicios de forma ininterrumpida, rítmica y a un bajo costo (Salazar, 2016).

El presente trabajo se llevó a cabo en JLC (Juárez Logistics Center-Penske) que es la empresa que provee el servicio de Centro de Distribución a la compañía BRP (Bombardier Recreational Products). BRP es una empresa con plantas de manufactura en Canadá, Estados Unidos, México, Finlandia y Austria y su planta matriz establecida en Valcourt, Quebec. En Ciudad Juárez cuenta con dos plantas donde manufactura vehículos para deporte extremo.

JLC almacena y distribuye material a ambas plantas de BRP en Ciudad Juárez y es una empresa considerada pequeña, ya que cuenta con una plantilla laboral de 76 empleados. Al ser una empresa pequeña designa pocos recursos a estrategias de mejora continua, contrario a BRP que tiene un departamento específico de Mejora Continua.

JLC recibe componentes empacados en contenedores de cartón que no pueden ser utilizados en ciertas áreas de producción de BRP ya que en ellas se llevan a cabo procesos de soldadura lo que presentaría un riesgo de incendio. Por esa razón, JLC al fungir como centro de distribución de BRP tiene la necesidad de reempacar esos componentes antes de mandarlos a las dos distintas plantas de manufactura.

Los procesos de re-empaque, al ser llevados a cabo en el área de almacén, no reciben la misma atención que los procesos de producción, a los cuales generalmente se les asigna un equipo multidisciplinario para atender sus problemas y llevar a cabo mejoras. Sin embargo, representan costos que pueden ser minimizados si se establece un sistema de manufactura que mejore los flujos y tiempos de empaque, así como las áreas de trabajo.

Por ello es necesario llevar a cabo un análisis de esta área para que el impacto en costo para el almacén y en tiempo para el área sea disminuido. Se pretenden determinar áreas de oportunidad y propuestas usando herramientas de la Ingeniería Industrial en especial de Manufactura Esbelta para identificar desperdicios.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este capítulo establece las bases para el trabajo de investigación que se llevó a cabo. Inicialmente se define la situación del área a mejorar, se plantea que se puede hacer para mejorarla y se establecen los objetivos buscando lograr mejoras con el uso de las herramientas de la ingeniería y específicamente la manufactura esbelta. Por último, se delimita el alcance del proyecto. A continuación, se presentan a detalle todos estos puntos.

2.1. Descripción del Problema

JLC, la compañía seleccionada, es una empresa pequeña que cuenta con aproximadamente 76 empleados, que por su tamaño y estructura sus recursos económicos y de personal son limitados. Los departamentos funcionan en base a la experiencia de los empleados y bajo sistemas poco eficientes, lo que ofrece una oportunidad de mejora sustancial.

El proceso específico donde se llevó a cabo el estudio es el de re-empaque. Este proceso se implementó debido a que aproximadamente 615 de los materiales utilizados por su cliente, BRP, son ensamblados en un área donde se llevan a cabo procesos de soldadura, por ende, esos materiales no pueden venir en empaques de cartón por el inminente riesgo de un incendio, así surge la necesidad de reempacarlos en canastillas metálicas y contenedores de plástico (bins).

El re-empaque se lleva a cabo en un área de 112 m², donde ninguna sección o flujo de trabajo están delimitados, ni definidos. Los materiales que se usan para re-empacar pueden ser dejados por los operadores en cualquier parte, el operador de montacargas puede dejar el material a re-empacar en donde encuentra espacio, etc. El área donde se lleva a cabo el re-empaque se muestra en la Figura 2.1



Figura 2.1 Área de Re-empaque

Los empleados llevan a cabo el proceso de re-empaque en cualquier espacio disponible, lo que provoca: desorden, desperdicios de tiempo por desplazamientos innecesarios de aproximadamente 50 metros cada 15 minutos, y cansancio del operador ya que todas las operaciones las llevan a cabo inclinados, como se presenta en la Figura 2.2.

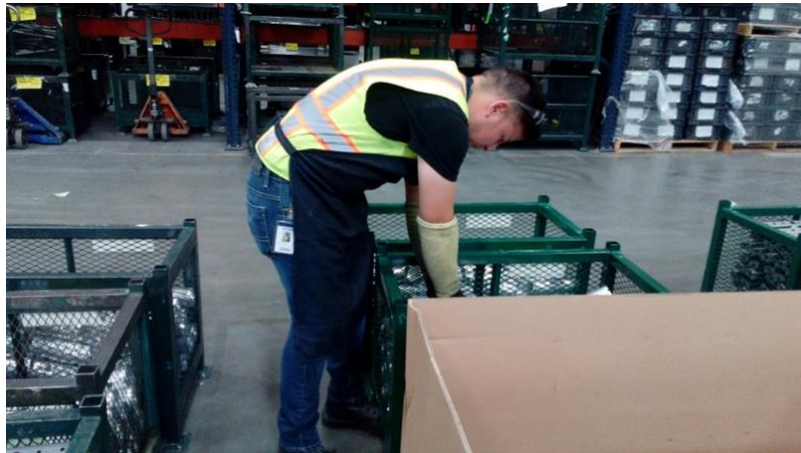


Figura 2.2 Proceso de Re-empaque canasta P4

Aunado a lo anterior, los tiempos de re-empaque de los componentes están basados en registros históricos lo que dificulta la definición precisa de la capacidad productiva del

área, siendo esta información de suma relevancia ya que la cantidad de canastillas y bins requeridas mensualmente van en incremento por las necesidades de producción de BRP. (Figuras 2.3 y 2.4).

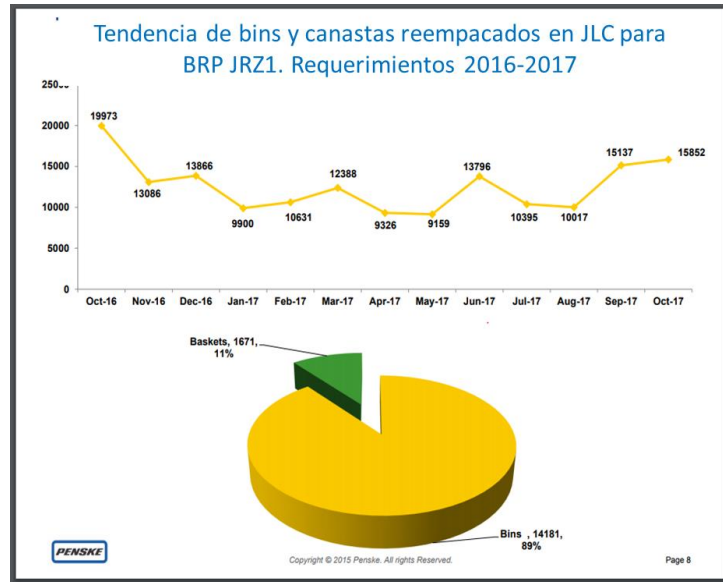


Figura 2.3 Tendencias de Re-empaque para la Planta BRP JRZ1

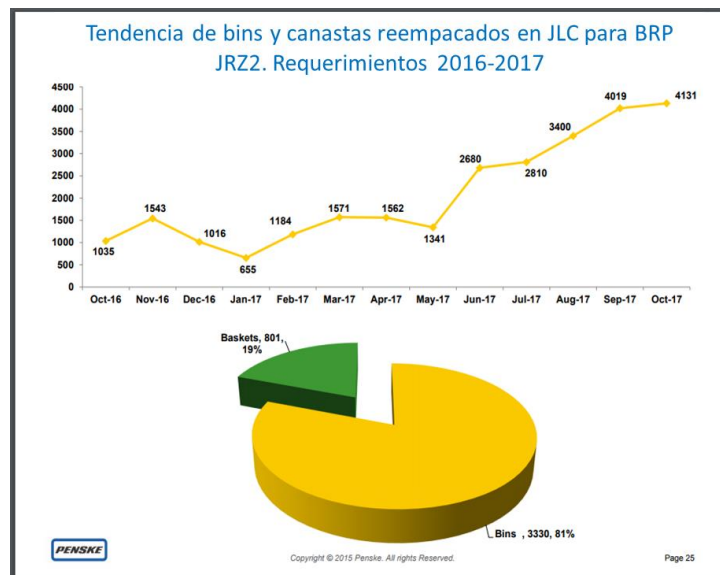


Figura 2.4 Tendencias de Re-empaque para la Planta BRP JRZ2

2.2. Preguntas de Investigación

Como resultado de las necesidades observadas en el área de re-empaque surgieron las siguientes preguntas de la investigación:

- 1) ¿Cómo se puede disminuir la cantidad de componentes a reempacar?
- 2) ¿Cómo se puede disminuir el tiempo de operación del proceso de re-empaque?
- 3) ¿Cómo se puede disminuir el nivel de riesgo de la estación de trabajo del proceso de re-empaque de canastilla P4?

2.3. Hipótesis de Investigación

En base a las preguntas de investigación podemos plantear las siguientes hipótesis:

- 1** El uso de las herramientas de Manufactura Esbelta disminuirá la cantidad de componentes a reempacar en hasta un 10%.
- 2** La aplicación de las estrategias de Manufactura Esbelta reducirá el tiempo de re-empaque actual, a menos de 3.5 minutos por bin y menos de 9 minutos por canastilla.
- 3** El rediseño de la estación de trabajo de re-empaque de canastilla P4 disminuirá el nivel de riesgo asignado por la Hoja de Evaluación Rápida de Cuerpo Entero (REBA).

2.4. Objetivos de la Investigación

El objetivo general de este trabajo era identificar las oportunidades de mejora presentes en el área de re-empaque utilizando la Ingeniería Industrial y algunas herramientas de Manufactura Esbelta, para luego elaborar propuestas que permitieran eliminar los tipos de desperdicios detectados y disminuyeran los riesgos de trabajo a los operadores. Los objetivos específicos fueron:

1. Reducir el desperdicio al eliminar el re-empaque de componentes utilizando herramientas de Manufactura Esbelta.
2. Disminuir los tiempos de operación del proceso de re-empaque al aplicar estrategias de Manufactura Esbelta para identificar actividades que no agregan valor y eliminarlas.
3. Rediseñar la estación de re-empaque de canastilla P4 para eliminar posturas que impliquen que el trabajador haga movimientos innecesarios como inclinarse.

2.5. Justificación de la Investigación

Las propuestas de cambio del área de re-empaque llevarán a una reducción del desperdicio tanto de actividades que no agregan valor al producto durante el proceso, como en la cantidad de material que se usa para empacar los componentes. Cualquier proyecto que busque evitar la generación de desperdicios debe ser llevado a cabo, porque la más mínima reducción de basura que se logre tendrá un impacto ecológico que a todos beneficia. Además, se mejorarán las condiciones actuales de trabajo de los operadores, las cuales realmente requieren de una evaluación y acciones encaminadas a mejorar sus estaciones de trabajo.

Adicionalmente, este tipo de trabajos conjuntos entre empresas y escuelas, incentivan la vinculación necesaria en áreas como la de Cd. Juárez, donde una de las principales fuentes de empleo proviene de la industria manufacturera de exportación, ya que permiten a las escuelas identificar las necesidades de las empresas para así establecer los lineamientos en el diseño de los planes de estudio.

Definitivamente el trabajo de análisis para determinar la reducción de componentes a reempacar impactará a la empresa porque minimizará el manejo excesivo del material que es una de las directivas de la manufactura esbelta, pero su enfoque tiene también un trasfondo ecológico y humano que justifica el tiempo y los recursos que se invertirán en el proceso.

2.6. Delimitación de la Investigación

Este estudio se llevó a cabo en el área de re-empaque de JLC. Sin embargo, también se tuvo acceso a las áreas de producción en BRP para poder definir qué cambios eran necesarios en los empaques para cumplir con los requerimientos actuales de la línea de producción. Para la elaboración de este trabajo de investigación se creó un equipo multidisciplinario que incluyó personal de BRP y JLC.

El proceso de análisis del área se llevó a cabo en un periodo aproximado de seis meses. Las propuestas de cambios de empaque que pudieron hacerse se llevaron a cabo y los cambios de distribución del área se presentaron y fueron aprobadas por la gerencia de BRP, la cual se hará cargo de su implementación posterior.

3. MARCO TEÓRICO

Este capítulo es una recopilación de información sobre casos de estudio de aplicación de Manufactura Esbelta, así como información general para entender los conceptos básicos relacionados con la Manufactura Esbelta y las herramientas que fueron usadas para el logro de este trabajo.

3.1. Manufactura Esbelta

Según Glass (2016), el concepto de Manufactura Esbelta tiene sus orígenes en el Sistema de Producción de Toyota (TPS), siendo Taiichi Ohno en 1956 el pionero en la implementación de este sistema de manufactura. La primera publicación que incluía el nombre de TPS fue editada en 1977, en ella Toyota compartía su experiencia sobre su sistema de producción. El TPS es más que una colección de diferentes métodos. El sistema eslabonado de instrumentos facilita el mejoramiento continuo en tiempos de volatilidad de mercados en comparación con los procesos estáticos, que solo son capaces de crear productos iguales en grandes lotes. Además de la aplicación técnica de estos métodos, el TPS considera significativamente el factor humano a través del desarrollo y uso del conocimiento de los empleados. Sin la adecuada implementación y desarrollo de los empleados, el uso de estos métodos tiene un valor limitado.

Sin embargo, según Glass, no es sino hasta 1988 que John F. Krakcik presenta por primera vez el término de Manufactura Esbelta con su estudio “El triunfo del Sistema de Manufactura Esbelta”. James P. Womack junto con sus colegas Daniel Roos y Daniel T. Jones lograron la atención mundial hacia la Producción Esbelta con la publicación de su libro “La Máquina que cambio el mundo” en 1990, la cual permanece como la publicación económica más influyente hasta el momento.

Para Wilson (2010), la definición popular de Manufactura Esbelta es: “Conjunto de técnicas que, combinadas, permitirán reducir y eliminar el desperdicio”. Este sistema

permitirá a las compañías ser más flexibles y sensibles a los requerimientos del cliente al reducir el desperdicio. El Sistema de Producción de Toyota es frecuentemente usado como sinónimo de Manufactura Esbelta porque es del que se sabe más y porque es el que se ha mantenido por más tiempo. Sin embargo, definido por Ohno, su principal creador, el Sistema de Producción de Toyota es “un sistema de producción con énfasis en el control de las cantidades, basado en la calidad, donde la reducción de costos es la meta y los medios para lograrlo es la eliminación del desperdicio”. Wilson va más allá e incluye otros factores que para Ohno eran un hecho: “Es un sistema integral, continuamente evolucionando y perpetuado por una cultura saludable que es administrada a conciencia, continua y consistentemente”.

Los conceptos revolucionarios que el TPS ofreció fueron: 1) Proveer valor al cliente, entendiéndose por valor todo aquello que aporta a la forma, ajuste o función del producto. 2) Reducir los tiempos de entrega, lo que hace más flexibles a las empresas y con la capacidad de responder más rápidamente. 3) El enfoque de reducción del desperdicio. La Tabla 3.1 presenta la descripción de los siete tipos de desperdicio según Ohno (1988).

Por último, menciona Wilson que el TPS fue un sistema enfocado principalmente en la reducción y control de las cantidades, porque la calidad ya había sido controlada y estudiada por siete años en Toyota, por ello quien quiera implementar la Manufactura Esbelta sin tener un sistema de calidad robusto corre el riesgo de fracasar. De igual manera fracasarán aquellas empresas que no tengan un enfoque fuerte hacia el cliente, que no estén interesadas en crecer o sobrevivir o que no estén interesadas en reducir el desperdicio. Sin embargo, en cualquier lugar donde exista una cadena de valor sus principios pueden ser aplicados.

Tabla 3.1 Los Siete Desperdicios según Ohno (1988)

Desperdicio	Definición
Sobreproducción	Consiste en producir de más para evitar fallarle al cliente. Se considera el más grande de los desperdicios porque exagera el resto de los desperdicios, es decir la sobreproducción debe ser transportada, almacenada, inspeccionada, y probablemente contiene material defectuoso.
Espera	Son trabajadores o máquinas no produciendo por cualquier razón.
Transportación	Se refiere a cualquier movimiento del material.
Sobre procesamiento	Este desperdicio consiste en procesar el material más de lo que el cliente necesita.
Movimiento	Desplazamientos innecesarios de operadores o técnicos buscando materiales o herramientas.
Inventario	Todo material inactivo es un desperdicio a menos que se conviertan en ventas.
Piezas defectuosas	Es cualquier material no conforme, donde no solo se pierde la pieza defectuosa, sino el tiempo, el esfuerzo y la energía para elaborarla.

3.1.1. Implementación de la Manufactura Esbelta

La introducción e implementación de los principios de la Manufactura Esbelta en los últimos veinte años ha tenido un notable impacto en muchas empresas de manufactura. La práctica muestra que los métodos e instrumentos de la manufactura esbelta no son aplicables de igual manera en las grandes y pequeñas empresas. Después de la

implementación en las grandes empresas automotrices el concepto de manufactura empezó a ser introducido en las empresas medianas. Las pequeñas empresas han sido ignoradas por mucho tiempo e investigaciones sobre este tema son escasas (Matt, 2013).

Sin embargo, las pequeñas y medianas empresas definidas, así como todas aquellas que tienen menos de 250 empleados representan el 99% de las empresas en México y emplean al 75% del total del personal empleado (INEGI, 2011), es por ello que es necesario llevar a cabo trabajos orientados al estudio de pequeñas empresas buscando que sean más efectivas y permanezcan porque representan una fuente de empleo importante a nivel nacional.

Matt refiere que, al interrogar a los empleados de 10 empresas pequeñas sobre el uso e implementación de la Manufactura Esbelta, se obtuvieron los siguientes resultados: En muchas empresas los métodos de la Manufactura Esbelta no son bien conocidos, frecuentemente estas compañías están tratando de lograr eficiencia a través de producir grandes lotes, las pocas empresas que han aplicado la Manufactura Esbelta lo han hecho por requerimientos de sus clientes que pertenecen al sector automotriz y por último, es difícil para las pequeñas empresas contratar empleados calificados que puedan implementar estas estrategias.

La Manufactura Esbelta está considerada como una técnica de reducción del desperdicio como sugerido por muchos autores, pero en la práctica maximiza el valor del producto a través de la eliminación del desperdicio. La eliminación de los desperdicios es lograda a través de la exitosa implementación de los elementos de la Manufactura Esbelta. Aunque no todos los elementos de la Manufactura Esbelta pueden ser aplicados en pequeñas empresas, los siguientes pueden generar un impacto en ellas: Primeras entradas-primeras salidas (FIFO por sus siglas en Ingles), 5S (Por sus siglas en Japones), Mejoramiento continuo (Kaizen), entrega justo a tiempo, cantidades específicas de inventario (Kanban), Mapa de la Cadena del Valor (Value Stream Mapping), estaciones de trabajo eficientes y ergonómicas, escantillones a prueba de error (Poka Yoke) y estandarización en procesos, rotación laboral para evitar monotonía y automatización de bajo costo (Matt, 2013).

3.1.1.1. Factores Críticos para la Implementación de la Manufactura Esbelta.

AlManei (2017) precisa, que la implementación de la Manufactura Esbelta en cualquier tipo de organización pues traer muchos beneficios, como la reducción del desperdicio y el mejoramiento en la eficiencia operativa. Sin embargo, su implementación no es un proceso sencillo, desafortunadamente no existe una receta que pueda ser usada para garantizar su exitosa implementación. Además, el fracaso en su implementación genera un gran impacto en la organización, en especial en los empleados quienes pierden la confianza en esta filosofía, por ello es importante saber que factores influyen en su implementación (Tabla 3.2).

Tabla 3.2 Factores críticos para la implementación de la Manufactura Esbelta (Almanei, 2017)

Factores Internos	
Gerencia	Enfoque (fuerte o débil), compromiso, apoyo y involucramiento, calidad de liderazgo.
Educación y entrenamiento	Conocimiento de la gerencia, habilidades de los empleados, comunicación interna.
Involucramiento	Entendimiento de la filosofía, curva de aprendizaje.
Empleados	Compromiso, empoderamientos, cultura de trabajo, motivación, reconocimiento y recompensas.
Cultura de trabajo	Tradicción, enfoque, manejo de los cambios y barreras al cambio.
Comunicación	Canales de comunicación entre gerencia y empleados (en ambos sentidos), comunicación de iniciativas de cambio.
Recursos	Financieros, empleados y tiempo.
Factores Externos	
Enfoque del cliente	Relación con el cliente y compromiso con el cliente.
Intervención gubernamental	Políticas y leyes, mandatos y apoyo del gobierno.

Por otra parte, Pearce (2018) llevó a cabo un caso de estudio en Nueva Zelanda, donde se trabajó con dos empresas por el periodo de uno a dos años, buscando los factores críticos para el éxito de la implementación de la Manufactura Esbelta. Los resultados del estudio coincidieron con la literatura donde se enfatiza la necesidad de actitudes de liderazgo para generar el cambio y no considerarlo simplemente como métodos de trabajo. Siendo estas actitudes la estrategia y alineación a ellas, el liderazgo, y el comportamiento y involucramiento que son necesarios para la implementación de las herramientas, tecnología y procesos de la Manufactura Esbelta. La Tabla 3.3 presenta los resultados de los casos estudiados por Pearce.

Tabla 3.3 Factores para éxito o fracaso en la implementación de la Manufactura Esbelta (Pearce, 2018)

Factor	Razón
Estrategia de Implementación fragmentada	En uno de los casos la implementación falló debido a que la gerencia tenía buenas intenciones, pero carecía de persistencia para entender y llevar a cabo la implementación en un sentido global. Se buscaba el mejoramiento, pero en lugar de tener un seguimiento regular y enfoque al desarrollo del personal y al mejoramiento continuo se implementó de manera fragmentada con un seguimiento pobre a las actividades iniciales.
Recursos limitados	Las condiciones del mercado inhibieron el desarrollo de un sistema basado en la Manufactura Esbelta y afectaron la productividad y las ganancias al permanecer con las prácticas existentes. La confianza en la Manufactura Esbelta fue insuficiente para romper con los viejos hábitos.
Resistencia al cambio	Los métodos fueron adecuadamente seleccionados, pero hubo una resistencia muy fuerte por parte de la gerencia. Su resistencia estaba

	<p>basada en la falta de conocimiento individual. La gerencia no entendió las herramientas y no pudieron visualizar los beneficios. La negatividad alimentó la negatividad y no se logró generar una actitud de crecimiento.</p>
<p>Identidad de los empleados</p>	<p>En otro caso se utilizó a un ingeniero de mejoramiento el cual trabajó en la identidad de los empleados promoviendo una actitud de crecimiento a la vez que se mostraba la seriedad de la empresa en el involucramiento de los empleados. La identidad del empleado puede ser utilizada para el éxito de la implementación de la manufactura esbelta.</p>
<p>Persistencia</p>	<p>El reto del cambio organizacional resalta la importancia de mantener el involucramiento. Los métodos de la Manufactura Esbelta necesitan ser seleccionados no solo teniendo en mente su impacto inmediato sino también visualizando el desarrollo organizacional a largo plazo.</p>
<p>Confianza</p>	<p>En uno de los casos la confianza en el agente de cambio fue un factor para su éxito. La falta de confianza y la duda pueden provocar el fracaso. Se falla en su implementación si no se confía en la Manufactura Esbelta, sino se aceptan pequeños cambios y si el personal se aferra a hacer las cosas de la manera como siempre se han hecho</p>

Los resultados de la implementación de la Manufactura Esbelta están directamente relacionados con el conocimiento que poseen aquellos que la diseñan y la ejecutan en las empresas. Esto es particularmente cierto debido a que esta metodología requiere ser adaptada a las necesidades de cada empresa. El diseño y la ejecución, incluyendo la manera como la gerencia maneja la estrategia y los aspectos culturales está basada en su

conocimiento. En consecuencia, el nivel de éxito y permanencia están fuertemente relacionados con ello (Pearce, 2018).

3.1.1.2. Implementación de la Manufactura Esbelta en Empresas Pequeñas

La implementación sistemática de la Manufactura Esbelta en empresas pequeñas genera grandes beneficios como el mejoramiento en la calidad, reducción en el tiempo de ciclo y mejor respuesta al cliente. Las pequeñas empresas deben concentrarse en cambios internos que requieren inversiones mínimas como lo son las 5S, círculos de calidad, mantenimiento preventivo e involucramiento del personal (Rose, 2011).

En un estudio llevado a cabo por Rose (2011) cuyo objetivo era definir que prácticas de Manufactura Esbelta era factible usar para lograr una implementación exitosa, se encontró que estas podían ser divididas en tres categorías: las de menor inversión, las factibles para las pequeñas empresas y las recomendadas por los investigadores. Entre las practicas que requieren menos inversión financiera son 5S, control visual, estandarización de operaciones, control de procesos y círculos de calidad. Por lo tanto, las pequeñas empresas deben aplicar estas prácticas primero y seguir luego con otras prácticas como Kanban y lotes pequeños. Las prácticas de Kanban y lotes pequeños pueden ser implementadas una vez que el flujo de producción se ejecuta de manera eficiente, y que no se tienen problemas de máquinas, calidad o materiales.

A continuación, se presenta un caso de estudio en una empresa que tenía 25 empleados y se dedicaba al procesamiento de materiales sólidos para cocinas. La gerencia quería estar preparada para beneficiarse de los aumentos cíclicos del mercado e inició un proyecto para mejorar la productividad en manufactura. Considerando la lista de métodos recomendados para las pequeñas empresas se inició un proyecto de Manufactura Esbelta llamado PEP similar al sugerido en la Figura 3.1 (Matt,2013).



Figura 3.1 Casa de la Manufactura Esbelta

Matt menciona que las pequeñas compañías son muy flexibles y rápidas en la toma de decisiones, pero como tienen poco personal normalmente todo el peso de implementarlas recae en una persona a diferencia de las empresas medianas en las cuales el trabajo se distribuye entre un equipo de trabajo. Para implementar el concepto en la compañía, era importante descomponerlo en paquetes y planearlos en fases de implementación. La implementación sería en dos años. Luego de la descomposición en fases y la elaboración de un plan donde se incluían responsables y fechas se dio inicio al proyecto. La primera fase consistía en la reorganización de la distribución del área de manufactura introduciendo células de manufactura y pequeños equipos autónomos. La división se hizo en cuatro equipos donde el líder del equipo era aquel empleado más experimentado y organizado. Los líderes iniciarían su trabajo de moderación llevando a cabo juntas para recolectar ideas y sugerencias para reducir el desperdicio y la ineficiencia. Cada equipo hizo sesiones de trabajo para implementar 5S para limpiar el área de producción y definir guías para el orden y la limpieza. Los equipos también desarrollaron nuevas y más eficientes estaciones de trabajo.

Una de las más importantes mejoras se dio al implementar la posición del proveedor de materiales. Esta mejora incremento en un 25% la productividad ya que anteriormente cada trabajador tenía que buscar su propio material. En consecuencia, los tiempos por caminar, buscar y manipulación eran enormes. Además, la especialización en las células de manufactura también permitió reducir los tiempos. De igual manera, cada líder tuvo que elaborar las instrucciones de trabajo con fotos para las diferentes estaciones para asegurar el manejo del conocimiento y la estandarización de los procesos. Estas instrucciones son muy valiosas para entrenar a los nuevos empleados. La Figura 3.2 presenta las mejoras en productividad obtenidas en esa empresa (Matt, 2013).

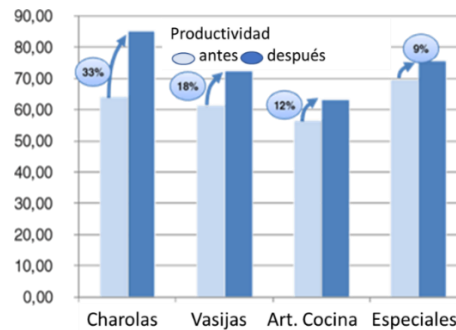


Figura 3.2 Mejoras en Productividad después de Manufactura Esbelta (Matt, 2013).

3.1.1.3. Caso de Estudio en una Empresa Maquiladora.

Wilson (2010) presenta este caso sobre la empresa Bueno Electronics, una maquiladora mexicana, y como a través del adecuado liderazgo lograron salir adelante después de que en una auditoría de cliente recibieron una puntuación de 41 cuando lo mínimo aceptable era 75. Su principal deficiencia era en técnicas de control estadístico del proceso. Luego de la auditoria, la empresa decidió solicitar ayuda externa para implementar Manufactura Esbelta. La primera actividad consistió en entrenar al personal en los conceptos de control estadístico del proceso (SPC), Análisis del Sistema de Medición (MSA), correlación y regresión y diseño de experimentos (DOE). El entrenamiento inicio con SPC a la gerencia. Posteriormente, el entrenamiento se dio a nivel supervisión, ingeniería y técnicos.

El primer proyecto en el que se trabajó luego de los entrenamientos fue elevar el nivel de producción sin retrabajo (FTY por sus siglas en inglés) el cual se encontraba en un nivel del 50%. La primera acción que se llevó a cabo fue establecer el FTY como el métrico de calidad interno. Iniciaron cursos para aprender el cálculo del FTY y crearon un plan específico para mejorarlo a través del uso del SPC (Wilson, 2010).

La manera como se usó el SPC en esta línea fue la siguiente: en una estación de soldadura al hacer un Diseño de Experimentos se detectó que las principales características del proceso estaban dadas por la soldadura y la temperatura del caudín, por esa razón se implementó un grafica de Medias y Rangos (\bar{X} -R) para monitorearla. Se detectaron fallas a ciertas horas del día, al investigar se llegó a la conclusión que las puntas de los caudines dejaban de funcionar correctamente luego de 20 hrs. de funcionamiento, lo que derivó en una sencilla acción de mantenimiento, la limpieza de los caudines. Luego se detectaron variaciones entre los 45 y 90 días de operación, al investigar se determinó que los caudines dejaban de funcionar correctamente. Así que se implementó un mantenimiento preventivo de cambio de puntas de caudín cada 30 días. Cada vez que se hacía un cambio se demostraba que el proceso se estabilizaba y se tomaba la decisión de reducir el muestreo, hasta que éste se eliminó (Wilson, 2010)

Wilson comenta que la manera como la línea de la empresa Bueno manejo los fundamentos del cambio cultural fue muy efectiva: Los métricos de la empresa eran publicados y discutidos frecuentemente para mostrarle al personal que había manera de mejorar, generando una constante motivación. Se asignó personal para resolver problemas y se le entrenó para la resolución de problemas. En cuanto al liderazgo, el gerente de planta no solo estaba involucrado estaba comprometido a lograr el éxito. Esta historia es de compromiso de la gerencia, liderazgo y apoyo durante el proceso. Ellos siguieron la ruta para el cambio cultural y al producir un mejor producto para el cliente, éste les retribuyo dándoles más negocio.

3.1.2. Herramientas de la Manufactura Esbelta

La Manufactura Esbelta maneja muchas herramientas para el mejoramiento de las empresas como son: JIT, Jidoka, Takt time, flujo continuo, 5S, VSM, kaizen, trabajo estandarizado, etc. A continuación, se describen las herramientas que en la revisión de la literatura se consideran aplicables a las pequeñas empresas y que se usaron para el propósito de este estudio:

3.1.2.1. Mapa de la Cadena del Valor (VSM)

Venkataraman (2014) define el Mapa de la cadena del valor (VSM por sus siglas en inglés) como un método de la Manufactura Esbelta el cual usa símbolos, métricos y flechas para mostrar y mejorar el flujo de inventario e información requerida para producir un producto o servicio el cual será entregado al cliente, cuyo objetivo es determinar donde ocurren los desperdicios. Los VSM son utilizados para determinar el flujo actual de manufactura y crear el estado ideal y futuro de los procesos.

El VSM es una herramienta que le permite a las empresas identificar varios factores como: El tiempo de valor agregado (Tiempo requerido para elaborar el producto final), el tiempo que no agrega valor (Tiempo requerido que no contribuye a modificar el producto final), tiempo de ciclo (Tiempo requerido para llevar a cabo un proceso) y tiempo de cambio de modelo (Tiempo requerido para cambiar las herramientas, la programación, etc.). Esto ayuda en la identificación y eliminación del desperdicio, en consecuencia, en la implementación de los principios de Manufactura Esbelta. Luego de identificar los pasos que no agregan valor en el estado actual, un VSM futuro es desarrollado, el cual funciona como el plano para las actividades de Manufactura Esbelta. El VSM futuro representa un cambio significativo comparado con la forma en que la compañía opera actualmente. El equipo trabajando en el VSM entonces desarrolla una estrategia de implementación paso a paso para hacer del estado futuro una realidad (Venkataraman, 2014).

El VSM está definido como “el conjunto de todas las acciones específicas requeridas para llevar un producto a través de las tres tareas críticas de la administración

de cualquier negocio: Solución de problemas, Manejo de la Información y Transformación física”. El VSM es el proceso de hacer el mapa del flujo de información y material requerido para coordinar las actividades llevadas a cabo por el productor, los proveedores y distribuidores para entregar el producto a los clientes. Inicialmente se elabora un mapa del estado actual en el cual los desperdicios son identificados y se encuentran las oportunidades para implementar varias técnicas de manufactura esbelta. Un segundo paso en un VSM es dibujar el estado futuro del VSM basado en el plan de mejoramiento. La disponibilidad de la información en el VSM facilita y valida la decisión de implementar la herramienta de la manufactura esbelta y puede también motivar la organización durante la implementación para obtener los resultados deseados. El VSM indica claramente el inventario, tiempo de ciclo, tiempo de entrega, tiempo de espera, etc. y el flujo del proceso para detectar el cuello de botella del tiempo de ciclo en comparación con el tiempo del cliente (Sundar, 2014).

Los elementos clave que un VSM muestra, según Venkataraman, son: Al cliente y sus requerimientos, los pasos del proceso, los métricos del proceso, el inventario, a los proveedores, los flujos de información y material, el tiempo de entrega y el tiempo de demanda del cliente. El tiempo de ciclo se refiere al tiempo que le toma a un operador hacer todos los elementos de trabajo antes de se repita la operación. El tiempo de valor agregado es el tiempo de los elementos que en efecto transforman el producto de manera que el cliente pague por él. El tiempo de entrega se refiere al tiempo que le toma a una pieza moverse a través de todo el proceso. Es la suma del tiempo de valor agregado y no valor agregado. La proporción del proceso es la división entre el tiempo de valor agregado y el tiempo de entrega. El tiempo de la demanda del cliente es igual a la división entre el tiempo efectivo de producción por turno y la cantidad de producto que el cliente requiere por turno.

La herramienta del VSM fue introducida en la segunda mitad del siglo veinte por Toyota y rápidamente se convirtió en una de las herramientas fundamentales de la Manufactura Esbelta. Su filosofía se basa en la presentación gráfica de la cadena del valor de puerta a puerta dentro de la empresa. El VSM divide todos los procesos en dos grupos

los que agregan valor (VA por sus siglas en ingles) y los que no agregan valor (NVA). El VSM es una herramienta grafica que usa una gran cantidad de iconos presentando cada importante elemento dentro de la cadena del valor. Todo el proceso se basa en el tiempo del cliente (Takt), el cual es comparado con el desempeño actual de producción. La Figura 3.3 presenta algunos de los iconos usados para elaborar un VSM (Rohac, 2015).

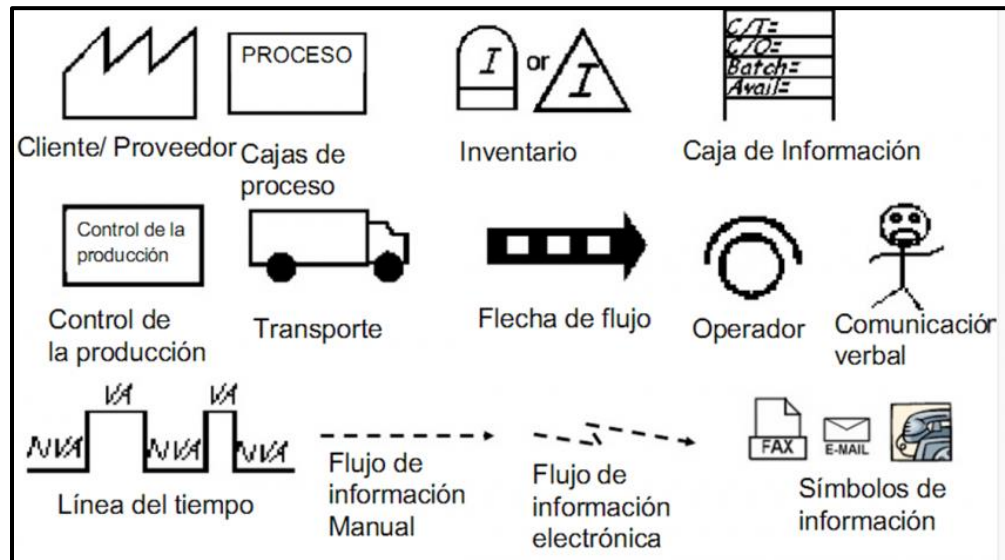


Figura 3.3 Iconos Usados para un VSM

3.1.2.2. Demostración de un VSM en un Caso de Estudio

La empresa estudiada manufactura productos de plástico para la industria médica. La compañía utiliza muchos métodos modernos de manejo de proyectos y procesos. Todas las metas están especificadas usando el sistema de puntuación equilibrada (Balanced scorecard) en los planes mensuales, de cada cuarto y anuales, los cuales contienen varios Indicadores Claves de Desempeño (KPI). Tienen varias metas estratégicas clasificadas por grupos. Este estudio estuvo enfocado en el grupo de Logística. De las diez y seis líneas de la empresa se eligió aquella que mejor describe todos los procesos NVA y VA de la

compañía. La Figura 3.4 muestra el VSM definido en base a esta línea de producción (Rohac,2015).

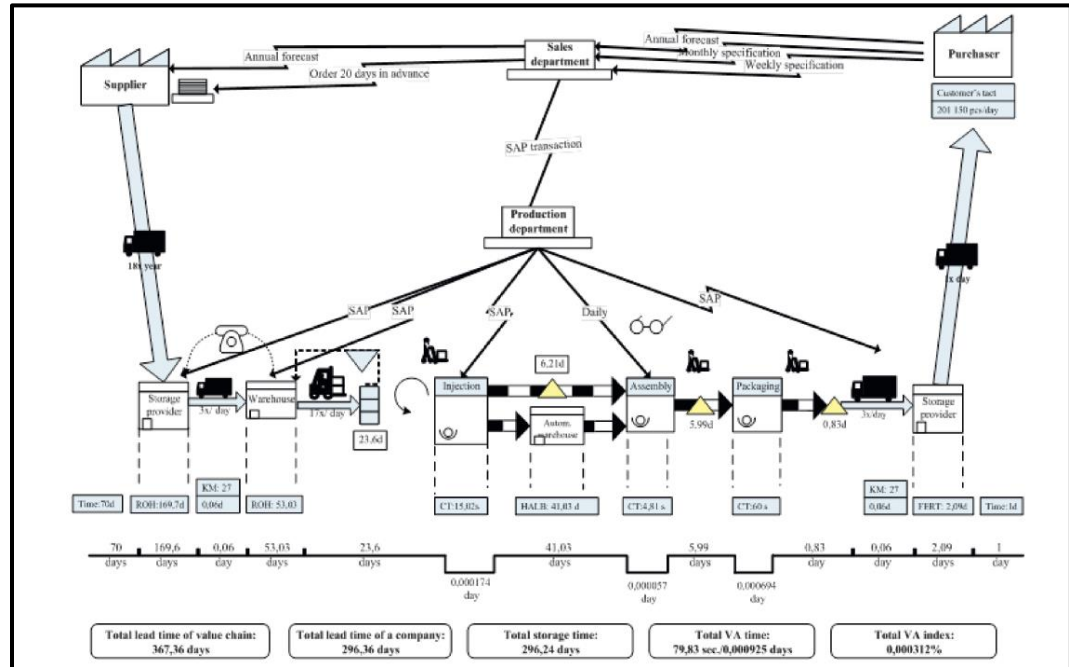


Figura 3.4 Ejemplo de un VSM (Rohac, 2015)

El uso de la herramienta VSM de la cadena de valor seleccionada proporcionó información acerca de la logística, la cual obviamente depende de las capacidades de almacenamiento del proveedor que se encuentra 27 km alejado de la planta productiva. A primera vista el VSM muestra como el concepto actual de logística es altamente demandante en cuanto a transportación entre el almacén y manufactura. El tiempo de entrega es de aproximadamente 296 días, aunque debería ser de 96 días de acuerdo con las metas de la compañía. El VSM es un método analítico que no remueve los problemas o las causas raíz de ellos. Para ello es necesario identificarlos, a través de métodos como el Diagrama de Ishikawa, los 5 porqués y los 2 cómo (5W2H por sus siglas en inglés), etc. y posteriormente solucionarlos (Rohac, 2015)

Rohac destaca que la aplicación del VSM descubrió algunos problemas y cuellos de botella en los procesos de logística de la compañía, de ahí cinco propuestas de mejora fueron sugeridas (Tabla 3.4). Todas las propuestas tuvieron un impacto efectivo en el logro de los KPI y efectividad de la optimización.

Tabla 3.4 Problemas, Causas y Propuestas después de un VSM

Problema	Causas	Propuesta
Sistema de Logística inadecuado	Controles insuficientes y competencias de los empleados inadecuadas	Revaloración de competencias de los empleados
Grandes cantidades de inventario a lo largo de toda la cadena de valor	Implementar una filosofía de sistema de Jalón.	Poner límites a los tiempos de solución de problemas de material detenido
Existencia de material obsoleto	El sistema no fue implementado correctamente	Crear un reporte con las cantidades de inventario y tiempo de cada producto. Implementación de sistema de Jalón a través de un sistema Kanban.
Manipulación aritmética en los documentos que reportan KPI	Falta de capacidad de almacenamiento. Se invierte solo en el área de producción.	Construcción de un centro de distribución cercano a la planta de producción.

3.1.2.3. Grupos Tecnológicos

Radharamanan (1994) describe a los grupos tecnológicos como una filosofía de manufactura en la cual las maquinas se agrupan en células y las partes y ensambles producidos son divididos en familias, de tal manera que cada célula completa todos los artículos ahí producidos sin retrocesos o cruces entre las células. Para la exitosa implementación de los grupos tecnológicos el análisis del flujo del producto es usado para encontrar los grupos de máquinas y las familias al analizar la información en rutas de procesos. La esencia de los grupos es capitalizar en las similitudes de las tareas de las

siguientes formas: 1) Al llevar a cabo actividades similares juntas y evitando pérdidas de tiempo cambiando de una actividad a otra. 2) Al estandarizar en actividades altamente relacionadas, de esa manera enfocándose solo en las diferencias sustanciales y evitando la innecesaria duplicación del esfuerzo. 3) Al almacenar y recopilar eficientemente información relacionada con problemas recurrentes, con ello se reduce el tiempo de búsqueda de información y se elimina la necesidad de resolver los problemas nuevamente.

La identificación de las familias de partes y la sistemática explotación de similitudes en todas las fases del ciclo de operaciones constituye el objetivo de los grupos tecnológicos o células de manufactura. Para definir las familias de partes se utilizan principalmente tres opciones: 1) un sistema de clasificación y codificación, 2) analizar los procesos para identificar familias de partes y maquinas, y 3) la opción de usar la intuición y observación. La segunda opción es la más usada por los pioneros de los grupos tecnológicos (Suresh, 1998).

Los grupos tecnológicos aplicados a los sistemas de manufactura flexible tienen las siguientes ventajas: simplificación de la programación y la planeación, simplificación de flujo de partes y herramientas, reducción de costos de preparación de equipo y reducción de costos de producción. Buscando obtener esas ventajas la distribución de planta es diseñada de manera que cada grupo de familia sea asignada a un grupo específico de máquinas. Las estaciones de trabajo subsecuentes están colocadas de manera adyacente a la estación previa de esa manera los tiempos de transportación son mínimos (Radharamanan, 1994).

La exitosa implementación del sistema de manufactura flexible necesita agrupar las partes que son similares en el diseño y la manufactura lo que hace el plan de producción y el proceso de manufactura flexible. Basados en la agrupación de las partes a través de procesos similares, las maquinas son colocadas juntas para formar el concepto celular como lo sugiere el concepto de manufactura esbelta. La formación de células está basada puramente en la naturaleza del proceso el cual varía de una organización a otra (Sundar, 2014).

3.1.2.4. Mejoramiento Continuo (Kaizen)

Mejoramiento continuo o *Kaizen* es una filosofía que Deming describe simplemente como “Iniciativas de mejoramiento que aumentan el éxito y reducen los errores”. Sundar complementa y dice que el mejoramiento continuo es el elemento de la administración el cual fuerza el cambio cultural en el ambiente laboral. Una vez que la estabilidad del proceso es establecida, las herramientas del Kaizen son requeridas para determinar la causa raíz de las ineficiencias y aplicar efectivas medidas para reducir esas ineficiencias. Establecer y diseñar un proceso con cero inventarios expone los desperdicios tales como tiempo ocioso, tiempo de espera, inventarios y problemas de recursos. Para eliminar ese desperdicio, la administración necesita desarrollar personal estable con conocimiento base de la organización. En este ambiente competitivo el kaizen es necesario para mantenerse en el mercado, pero el éxito del kaizen depende de la percepción de los empleados, su adaptación, el trabajo en equipo, el involucramiento de los líderes, la motivación, la iniciativa y el entrenamiento. El mecanismo del kaizen incluye entrenamiento en resolución de problemas, herramientas y técnicas propias del kaizen, del desarrollo de la gestión de ideas y el desarrollo del sistema de recompensa y reconocimiento (Sundar, 2014).

3.1.2.5. 5 S

5S es un sistema de reducción de desperdicio y optimización de la productividad y calidad a través de mantener un lugar de trabajo ordenado usando guías visuales para lograr resultados operacionales consistentes. La práctica de las 5S tiene como objetivo inculcar los valores del orden, limpieza, pulcritud, estandarización y disciplina en el lugar de trabajo y es típicamente la primera herramienta de la Manufactura Esbelta que es implementada por las compañías. 5S es una de las metodologías más conocidas y usadas cuando se llevan a cabo procesos de mejora, la principal razón de ello es que los resultados de su implementación surgen inmediatamente y se visualizan fácilmente. Se ha analizado el enfoque que se le da a las 5S en diferentes partes del mundo y varios autores han concluido

que en Japón tiende a ser reconocida como una filosofía, mientras que en E.U. y el Reino Unido se considera una técnica o herramienta de manufactura. A pesar de su popularidad, existen muy pocos artículos analizando los factores relacionados con su uso o su relación con el desempeño de manufactura (Bayo-Moriones, 2010).

Omogbai (2017) comenta que para lograr que un área este organizada una de las técnicas actuales que se usan es la de las 5S (por sus siglas en inglés) y describe cada una de las actividades de la herramienta 5S (Tabla 3.5). Las 5S ayudan a reducir actividades que no agregan valor, incrementar la productividad y la calidad. Esta herramienta ha sido usada también para diseñar instalaciones de trabajo eficientes.

Tabla 3.5 Actividades 5S

Sortear <i>Sort</i>	Separar las cosas que se usan frecuentemente de las que no para facilitar el almacenamiento y localización de ellas.
Poner en orden <i>Set in order</i>	Designar y etiquetar claramente donde todo debe estar localizado. Todo debe estar en su lugar para eliminar la necesidad de buscar.
Limpiar <i>Shine</i>	Mantener todo limpio y ordenado.
Estandarizar <i>Standarize</i>	Documentar los métodos de trabajo y hacer la cultura de las 5S parte de la organización.
Mantener <i>Sustain</i>	Crear el hábito de la mejora continua.

En un estudio que tenía como objetivo identificar y presentar los conceptos claves de las 5S desde la perspectiva de la gerencia japonesa se menciona que esta filosofía está destinada a proporcionar un mecanismo para mejorar el lugar de trabajo con costos e interrupciones mínimos. Hay una fuerte evidencia de que esto se logra a través de altos niveles de toma de decisiones gerenciales y organizacionales, manteniendo un ambiente de participación total. Así como también integrando el concepto de resultados, planificación

y participación. La investigación identificó que los gerentes japoneses pusieron un fuerte énfasis en la participación de individuos y grupos de trabajo, no solo en los aspectos operativos del desarrollo de 5S sino también en los beneficios organizativos estratégicos y a largo plazo de la aplicación de este sistema (Gapp, 2008).

Esta participación de la administración, la vinculación de los conceptos identificados de la gestión-mejora-acción, la capacitación y los sistemas efectivos de planificación impulsados por la participación establecen los estándares lógicos y aplicables para el funcionamiento diario. Una consecuencia directa de este enfoque es la provisión de una plataforma que crea una comprensión y aplicación directa del ciclo PDSA de Deming (1994), que es importante ya que este tipo de pensamiento se ha traducido en acción mejorando 5S en términos de aplicación práctica. El enfoque de participación significa que todos están informados y participan, incluidos todos los miembros de la organización, clientes y proveedores. Es este mayor nivel de comprensión lo que se traduce en los mejoramientos requeridos para lograr "crear un mejor lugar de trabajo" (Gapp, 2008).

3.1.2.6. Trabajo Estándar

El trabajo estandarizado es la herramienta básica para el mejoramiento continuo. Trabajo estándar se refiere al método más seguro y efectivo para llevar a cabo un trabajo en el tiempo repetitivo más corto como resultado de la utilización efectiva de los recursos tales como la gente, las máquinas y el material. La estandarización del trabajo puede ser descrita como un grupo de herramientas de análisis que generan un grupo de Procedimientos Estándares de Operación (Standard Operational Procedures, SOPs). Los SOPs contienen información del proceso de trabajo del operador tal como los pasos del proceso, la secuencia, el tiempo de ciclo, el control del proceso, etc. Los SOPs representan la mejor forma de hacer un trabajo en particular dentro un tiempo esperado. Una vez que el trabajo es estandarizado es posible controlar y mejorar el trabajo con respecto a la demanda incluyendo las altas y bajas de la operación (Sundar, 2014).

La estandarización del trabajo ayuda en la reorganización del trabajo con respecto a las fluctuaciones del Takt, con el aumento en la demanda podemos incrementar

trabajadores. Si la demanda disminuye se eliminan trabajadores de la línea de ensamble. Monden en 1983 introdujo el Diagrama de Tiempo Estandarizado (SWC), la tabla de combinación del Trabajo Estandarizado (SWCT) y la Hoja de la Operación Estándar (SOS), las cuales son útiles para analizar y mejorar el trabajo estandarizado. La SWC visualiza el movimiento del operador y la ubicación del material en relación con la máquina y toda la distribución del proceso. La SWCT visualiza la combinación del tiempo del trabajo manual, el tiempo en el que camina y el tiempo de proceso de la máquina para cada operación en la línea de producción. El propósito del SWCT es identificar desperdicios como inventario en proceso, esperas y excesos de trabajo. Finalmente, la instrucción de trabajo de la operación es descrita en la SOS (Sundar, 2014).

3.2. Productividad

Abundan hoy en día referencias y comentarios sobre la importancia de obtener mayor productividad en las organizaciones, se trata de una necesidad totalmente independiente de la actividad, tamaño y características particulares de ellas. El aumento de la población mundial, el deseo de mejorar niveles de vida y la limitada disponibilidad de ciertos recursos materiales, son algunos de los factores indicativos del creciente interés en el tema (Carro, 2000).

Los conceptos de Manufactura Esbelta han sido usados por las industrias para reducir inventarios y el desperdicio, para competir en el mercado global. La meta es acelerar el proceso al incrementar la productividad a través del uso adecuado de las máquinas y los empleados. En la industria de manufactura, la distribución de la planta y el flujo del material deciden su productividad, el manejo del material también juega un papel importante en la productividad, el tiempo de ciclo y el costo del producto (Hemanand, 2012)

Se llevo a cabo un trabajo de investigación en la industria automotriz con el objeto de reducir el desperdicio. El enfoque fue reducir el desperdicio en los movimientos en el

área de trabajo. Los problemas de la distribución de planta fueron identificados y analizados a través de simulación, se hicieron las modificaciones al Layout y los cambios fueron simulados comparándolos con el Layout existente. Los resultados revelaron un incremento en la productividad del 11.95%. Partiendo de ello un nuevo sistema de manejo de material fue diseñado para reducir los movimientos y transportación innecesarios (Hemanand, 2012).

Uno de los factores a considerar en la elaboración de este trabajo implicaba demostrar que los cambios podrían generar una mejora en la productividad, por ello se consideró importante incluir la manera como se puede medir. La productividad implica la mejora del proceso productivo. La mejora significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos. Es decir: $\text{Productividad} = \text{Salidas} / \text{Entradas}$ (Carro, 2000).

La ecuación anterior denota la medición de la productividad total, sin embargo, la productividad también puede ser medida de manera parcial. La productividad parcial es la que relaciona todo lo que produce un sistema (salida) con uno de los recursos utilizados. El ejemplo típico es la productividad de la mano de obra, que resulta del cociente entre una medida dada del total de los bienes y servicios producidos y una medida de la mano de obra empleada, es decir: $\text{Productividad Parcial} = \text{Salida} / \text{Mano de obra}$ (Carro, 2000).

3.3. Evaluación Rápida de Cuerpo Entero (REBA)

De acuerdo con Hignett (2000) el análisis postural puede ser una técnica muy poderosa para evaluar actividades laborales. El riesgo de lesiones asociado con algunas posturas, puede ser un factor importante para implementar cambios, así que la disponibilidad de técnicas de campo es de gran ayuda para el ergonomista.

La mayoría de las técnicas de análisis tienen dos, usualmente contradictorias, cualidades de generalidad y sensibilidad. La alta generalidad en un método de análisis postural puede ser compensado con una sensibilidad baja como, por ejemplo, el sistema de

análisis de posturas de trabajo de Ovako (OWAS por sus siglas en inglés) tiene un amplio rango de usos, pero sus resultados pueden ser pobres en el detalle. En contraste el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH por sus siglas en inglés) requiere información detallada acerca de parámetros específicos de la postura, para dar alta sensibilidad con respecto de los índices definidos, pero tiene una limitada aplicación en particular con el manejo de cargas no estáticas. La necesidad de una técnica que combinará ambas cualidades fue detectada dentro de un espectro de herramientas de análisis postural, específicamente con sensibilidad en el tipo de posturas de trabajo impredecibles. Esto llevo al desarrollo de la siguiente herramienta de análisis postural: Evaluación Rápida de Cuerpo Entero, REBA por sus siglas en inglés (Hignett, 2000).

El desarrollo de REBA tenía como objetivo desarrollar un sistema de análisis postural sensible a una variedad de tareas, dividir el cuerpo en segmentos para codificarlos individualmente, con referencia a planos de movimiento, proveer un sistema de calificación para la actividad muscular causada por posturas estáticas, dinámicas, cambiantes o inestables, reflejar que el agarre es importante en el manejo de cargas que no siempre será solo con el uso de las manos, dar un nivel de acción con una indicación de urgencia y por último utilizar el mínimo equipo, un método de papel y pluma. Tres ergonomistas-fisioterapeutas codificaron independientemente las 144 combinaciones de posturas y luego incorporaron los conceptos de carga, agarre y actividad para producir las puntuaciones finales de REBA acompañadas por un nivel de riesgo y de acción correctiva. Dos sesiones de trabajo adicionales fueron llevadas a cabo por 14 profesionales de terapia ocupacional, fisioterapeutas, enfermeras y ergonomistas, involucrando la recolección y codificación individual de más de 600 posturas del área médica y de la industria de manufactura y electricidad. Los resultados de esas sesiones fueron usados para refinar REBA y empezar un análisis de confiabilidad de la codificación de las partes del cuerpo (Hignett, 2000).

Las operaciones manuales de levantar material son comunes tanto en centros de distribución como en la industria de la manufactura. En un estudio de estrategias para tareas de ensamble manual se puntualiza la necesidad de determinar la distribución ergonómicamente ideal de componentes para el ensamble, los cuales se acomodan dentro

de la zona de alcance conveniente. Ya sea en estaciones de ensamble o en áreas de re-empaque, tomar manualmente componentes de contenedores grandes es aún una actividad frecuente, lo que resulta en agacharse, estirarse y ejercer fuerza en la espalda, cuello, manos y brazos. A pesar de que es una práctica frecuente, es problemática desde el punto de vista de la eficiencia y de la ergonomía. Para mejorar la eficiencia, así como también las condiciones laborales existe la necesidad de llevar a cabo estudios que analicen levantar material de contenedores grandes. Hay evidencia que indica que los tiempos de tomar material pueden ser reducidos al inclinar el contenedor hacia el operador. Adicionalmente cuando se toma el material colocado solo en una paleta, es difícil alcanzar los componentes y por ello es necesario dejar espacio disponible a todos los lados de la paleta para que el operador decida de donde tomar el material (Hanson, 2017)

No existen muchos estudios que investiguen a fondo las variaciones que resultan de tomar material de contenedores grandes. Parece que tanto el tiempo como la carga corporal variarán dependiendo de la localización exacta de los componentes dentro del contenedor. Esta localización variará durante el vaciado del contenedor. En un ambiente controlado por tiempos estándar, este tipo de variaciones puede en ocasiones provocar pérdidas de tiempo debido a la dificultad de balancear las operaciones. Desde la perspectiva ergonómica, las variaciones de la carga de trabajo se deben de considerar de manera que sean aceptables no solo en el punto de la carga promedio, sino también de la carga máxima. Esto es de especial importancia ya que frecuentemente los componentes que son manejados en contenedores grandes son voluminosos y pesados (Hanson,2017).

En un estudio en un área de ensamble se encontró que el tiempo de recoger material de una paleta aprobada por la Comunidad Europea (EUR-pallet) el tiempo varía considerablemente dependiendo de dónde el componente es tomado y que el tiempo puede triplicarse cuando el componente se toma de la parte más baja y trasera del contenedor a cuando se toma de la parte superior frontal. El estudio fue llevado a cabo en un medio experimental controlado (Hanson,2017).

La ergonomía de las operaciones explica Hanson, fue evaluada usando el método Análisis Rápido de Cuerpo Entero (REBA por sus siglas en inglés). REBA es una

herramienta de evaluación ergonómica diagnóstica usada para clasificar posturas observadas dentro de diferentes niveles de riesgo. Esta clasificación es lograda al dar puntuaciones a los diferentes segmentos del cuerpo de acuerdo con un esquema predefinido para cada segmento (Figura 3.5).




PUNTUACIÓN	Operador 1 (M-92), 3 anillos, zona T2, Soporte (3.1 kg)			Operador 2 (F-6), 2 anillos, zona F4, Soporte (3.1 kg)			Operador 3 (M-98), 3 anillos, zona F2, Montaje de motor (5.3 kg)		
									
Cuello	3			1			2		
Torso	4			5			4		
Piernas	2			2			3		
Alimentación	0			0			1		
Tabla A	7			6			8		
Brazo	3			3			2		
Hombro elevado	0			0			0		
Brazo retraído	p1			p1			00		
Brazo apoyado/Inclinado	0			3			2		
Brazo superior	3								
Brazo inferior	2			2			2		
Posición de muñeca	1			1			2		
Muñeca doblada o torcida	p1 p0			p1 p0			0 p1		
Agarre	Buen			Buen			Acceptable		
Tabla B	5			5			4		
Tabla C	9			8			9		
Actividad	p1 (base inestable)			p1 (base inestable)			0		
Puntuación REBA	10			9			9		
Nivel de Riesgo	Alto			Alto			Alto		

Figura 3.5 Ejemplo de Puntuaciones usando REBA

Las puntuaciones asignadas por parte del cuerpo, tipo de agarre y tipo de actividad después son combinadas en una evaluación global REBA que corresponde a un nivel de riesgo de acuerdo con el cual una acción y urgencia es recomendada (Tabla 3.6).

Tabla 3.6 Clasificación del Riesgo de Acuerdo con REBA

Puntuación REBA	Nivel de riesgo
1	Riesgo despreciable, no acción requerida.
2-3	Riesgo bajo, un cambio puede ser necesario
4-7	Riesgo medio, investigación requerida, cambiar pronto.
8-10	Riesgo alto, acción necesaria pronto.
11+	Riesgo muy alto, acción requerida inmediatamente.

Menciona Hanson que uno de los propósitos de este experimento fue incrementar el entendimiento del rango de variación de estrategias que los operadores a diferentes alturas adoptarían para recoger diferentes componentes y de diferentes zonas en los contenedores. Los resultados del estudio han indicado que tomar material de contenedores inclinados está asociado con tiempos menores que en el caso de contenedores horizontales. En relación con el análisis ergonómico, ciertas zonas tanto en contenedores inclinados como horizontales parecían causar riesgos de postura peligrosa por parte de los operadores. Se demostró que cuando a los operadores se les daba libertad de movimiento, todos usaban una variedad de posturas para tomar los componentes de diferentes partes del contenedor.

3.4. Diseño de una Estación de Trabajo

En el diseño de las estaciones industriales de trabajo, plantea Das (1996), la principal preocupación ha sido usualmente el mejoramiento del desempeño del equipo. Poca consideración se da hacia adaptar las habilidades del operador con los requerimientos de la tarea. En consecuencia, muchas estaciones de trabajo están diseñadas deficientemente, lo que resulta en la disminución de la productividad del trabajador y las lesiones en el área de trabajo.

Un enfoque ergonómico al diseño de una estación de trabajo busca lograr un apropiado balance entre las capacidades del trabajador y los requerimientos del trabajo,

para optimizar la productividad del trabajador y del sistema en general, así como también proveer al trabajador de bienestar físico y mental, satisfacción en el trabajo y seguridad. A lo largo de los años muchas teorías, principios, métodos e información relacionada al diseño de las estaciones de trabajo han sido generadas a través de la investigación ergonómica. Corlett (1988) ha propuesto las guías más adecuadas que incluyen tanto el diseño de la tarea y de la distribución del área de trabajo.

Las dimensiones físicas en el diseño de una estación de trabajo son de mayor importancia desde el punto de vista de la eficiencia y bienestar del operador. Una postura inadecuada causa esfuerzos estáticos de los músculos, lo que resulta en dolor muscular, lo que provoca, disminución del desempeño y la productividad, aumentando las posibilidades de una lesión (Das,1996).

El objetivo del diseño de las estaciones de trabajo es minimizar las posturas peligrosas. Un obstáculo en la implementación de las recomendaciones ergonómicas en el mundo real son los diferentes tamaños y capacidades de los humanos. Es un reto para los diseñadores el proveer con soluciones las cuales permitirán abarcar la diversidad antropométrica de los usuarios y satisfacer las demandas de la tarea. Para diseñar una estación de trabajo es necesario obtener información relevante o datos en el desempeño de la tarea, el equipo, las posiciones de trabajo y el ambiente. En el caso de nuevas estaciones de trabajo conviene obtener información de estaciones similares. Varios métodos tales como la directa observación, entrevistas personales, toma de video y cuestionarios pueden ser usados para este propósito (Das, 1996).

Generalmente tanto en la modificación de una estación existente como en el diseño de una nueva, el diseñador tiene la limitante de los factores financieros y tecnológicos, el espacio disponible, ambiente, tamaño del equipo, su frecuencia de uso, la secuencia de las tareas y el tipo de población para la cual será diseñada. El diseño es esencialmente un arreglo entre las necesidades biológicas del operador, determinadas por las guías de ergonomía y los requerimientos físicos de la estación. Esto es logrado principalmente al considerar los efectos mutuos de la antropometría y la localización del equipo en la postura, el alcance, la visión, y la interferencia de los segmentos del cuerpo con los elementos de

las maquinas, en la Tabla 3.7 se presentan los pasos para el diseño de una estación de trabajo (Das, 1996).

Tabla 3.7 Guía para el diseño de una estación de trabajo

1)	Obtener información relevante sobre el desempeño de la tarea, equipo, posturas de trabajo y el ambiente a través de la directa observación, videograbación y/o información proporcionada por personal experimentado.
2)	Identificar la población y obtener información antropométrica de la misma.
3)	Determinar el rango de la altura de trabajo basado en el tipo de trabajo a realizar. Proveer de una silla ajustable y un descansa-pies para quienes trabajan sentados. Una superficie ajustable de trabajo o una plataforma para quien labora parado.
4)	Distribuir las herramientas y bins más frecuentemente usados en el alcance normal del cuerpo.
5)	Proveer adecuado espacio para el codo y al nivel de la muñeca para libre movimiento.
6)	Localizar los monitores en la línea normal de visión.
7)	Considerar los requerimientos de material y flujo de información de otras áreas o empleados.
8)	Hacer un dibujo de la distribución a escala de la estación propuesta para verificar la localización de los componentes individuales.
9)	Desarrollar una estación de prueba y llevar a cabo pruebas con los empleados para definir la relación operador-estación de trabajo. Obtener retroalimentación de los involucrados.
10)	Construir una estación de trabajo basada en el diseño final.

3.5. Estudio de Tiempos

Para definir el número de operadores requeridos para llevar a cabo el re-empaque después de las mejoras y de esa manera determinar la mejora en la productividad, se llevó a cabo un estudio de tiempo. Las siguientes secciones presentan información que permite llevar a cabo un estudio de tiempos de una manera más efectiva, desde la planeación hasta el momento de estar llevando a cabo el estudio.

3.5.1. Estándares de Tiempo

Un aspecto importante en el proceso para desarrollar el centro de trabajo eficiente es el establecimiento de estándares de tiempo. Éstos pueden determinarse mediante el uso de estimaciones, registros históricos y procedimientos de medición del trabajo. En el pasado, los analistas confiaban más en las estimaciones como un medio de establecer estándares. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que ningún individuo puede establecer estándares consistentes y justos sólo con ver un trabajo y juzgar el tiempo requerido para terminarlo (Niebel, 2009).

De acuerdo con Niebel con el método de registros históricos, los estándares de producción se basan en los registros de trabajos similares, realizados anteriormente. Esta técnica indica cuánto tiempo tomó en realidad realizar un trabajo, pero no cuánto debió haber tardado. Algunos trabajos incluyen retrasos personales, inevitables y evitables en un grado mucho mayor que lo que deben, mientras que otros no incluyen proporciones adecuadas de tiempos de retraso. Los datos históricos contienen desviaciones consistentes hasta de 50% en la misma operación del mismo trabajo. Cualquiera de las técnicas de medición del trabajo —estudio de tiempos con cronómetro (electrónico o mecánico), sistemas de tiempo predeterminado, datos estándar, fórmulas de tiempos o estudios de muestreo del trabajo— representa una mejor forma de establecer estándares de producción justos. Todas estas técnicas se basan en el establecimiento de estándares de tiempo

permitido para realizar una tarea dada, con los suplementos u holguras por fatiga y por retrasos personales e inevitables.

3.5.2. Requerimientos del Estudio de Tiempos

Antes de realizar un estudio de tiempos, Niebel menciona deben cumplirse ciertos requerimientos fundamentales. Por ejemplo, si se requiere un estándar de un nuevo trabajo, o de un trabajo antiguo en el que el método o parte de él se ha alterado, el operario debe estar completamente familiarizado con la nueva técnica antes de estudiar la operación. Los analistas deben decirle al supervisor del departamento y al operario que se estudiará el trabajo. Cada una de estas partes puede realizar los pasos necesarios para permitir un estudio sin contratiempos y coordinado. El operario debe verificar que está aplicando el método correcto y debe estar familiarizado con todos los detalles de esa operación. El supervisor debe verificar el método para asegurar que la alimentación, la velocidad, las herramientas de corte, los lubricantes, etc., cumplen con las prácticas estándar, como lo establece el departamento de métodos. También debe investigar la cantidad de material disponible para que no se presenten faltantes durante el estudio.

El equipo mínimo requerido para realizar un programa de estudio de tiempos incluye un cronómetro, un tablero de estudio de tiempos, las formas para el estudio y una calculadora de bolsillo. Un equipo de videograbación también puede ser muy útil. Para asegurar el éxito, los analistas deben ser capaces de inspirar confianza, ejercitar su juicio y desarrollar un acercamiento personal con todos aquellos con quienes tenga contacto. Deben entender a fondo y realizar las distintas funciones relacionadas con el estudio: seleccionar al operario, analizar el trabajo y desglosarlo en sus elementos, registrar los valores elementales de los tiempos transcurridos, calificar el desempeño del operario, asignar los suplementos u holguras adecuadas y llevar a cabo el estudio (Niebel, 2009).

Para facilitar su medición, la operación debe dividirse en grupos de movimientos conocidos como elementos. Con el fin de dividir la operación en sus elementos individuales, el analista debe observar al operario durante varios ciclos. Sin embargo, si el

tiempo del ciclo es mayor a 30 minutos, el analista puede escribir la descripción de los elementos mientras realiza el estudio. Si es posible, el analista debe determinar los elementos de la operación antes del inicio del estudio. Los elementos deben partirse en divisiones tan finas como sea posible, pero que no sean tan pequeñas como para sacrificar la exactitud de las lecturas (Niebel, 2009)

3.6. Empaque

El empaque propiamente diseñado, construido y sellado provee la contención y protección adecuada de su contenido. Esa protección significa prevención o reducción del daño físico del producto, durante todas las etapas de su vida. Esto incluye la manufactura y los procesos de empaque, almacenamiento y manejo en almacenes, transporte de la mercancía, distribución o almacenamiento para venta. En cualquiera de esas etapas pueden ocurrir daños, aunque el mayor daño sucede en los almacenes o ambientes de distribución, debido a la caída de pallets, durante la transportación, al comprimir el material cuando se estiba en almacenes o cuando los contenedores son perforados (Emblem, 2012).

De acuerdo con Emblem los pasos claves a seguir para definir qué tipo de empaque se debe proveer al producto para su apropiada protección son: Definir el producto, definir el ambiente al que el producto será expuesto e investigar las propiedades (incluyendo costo) de los materiales de protección disponibles.

Solo cuando se tiene la información relevante de cada uno de estos pasos será posible proponer los posibles materiales de empaque y los formatos de empaque los cuales igualen las características definidas. Esta propuesta debe ser entonces probada en condiciones que simulen la vida real antes de que las especificaciones de empaque se aprueben y las propuestas sean implementadas y monitoreadas. Las necesidades de almacenamiento, traslado, exhibición y venta de los productos deben ser identificadas y claramente entendidas, ya que cada una de esas etapas tiene por si misma riesgos. Este entendimiento incluye todas las operaciones, internas y externas, cuando ya el producto

está fuera del control del proveedor. Uno de los resultados de la globalización es que la cadena de distribución se ha vuelto más compleja, con mucho manejo y exposición a un rango mayor de diferentes condiciones (Emblem, 2012).

Considera Emblem que un ejercicio muy útil es definir la trayectoria del producto desde su producción hasta su consumo. Anotar el número y tipo de movimientos del producto y las condiciones de almacenamiento, y enseguida de cada una de ellas enlistar los posibles riesgos, sus causas y sus efectos. Esto identificará donde existen la posibilidad de riesgos y cuáles son los que más prevalecen. Entender y cuando sea posible, cuantificar estos peligros es vital para asegurar que el producto empacado puede funcionar satisfactoriamente a lo largo de su vida. Esto puede ser hecho con una combinación de observación, uso de datos conocidos y medición. Cuantificando estos riesgos de esta manera, la incertidumbre rodeando los eventos que pueden suceder en el ambiente puede ser eliminada y las especificaciones de empaque pueden ser definidas para cumplir con los riesgos reales.

3.7. Modelación y Simulación

Un modelo es una descripción lógica de como un sistema funciona. Simulación involucra el diseño de un modelo de un sistema y llevar a cabo experimentos en él. La simulación te permite probar hipótesis a una fracción del costo de lo que implica realmente llevar a cabo las actividades que los modelos simulan. Uno de los principales beneficios de un modelo es que se puede iniciar con una simple aproximación de un proceso y gradualmente refinar el modelo conforme se va conociendo el proceso (Diamond, 2000)

La simulación provee un método de entendimiento de las cosas y permite producir mejores resultados más rápido. Diamond (2000) sugiere que un programa de simulación es una herramienta que se puede usar para: 1) predecir el curso y resultados de ciertas acciones, 2) entender porque los eventos ocurren, 3) identificar problemas antes de su implementación, 4) explorar los efectos de las modificaciones, 5) confirmar que todas las

variables son conocidas, 6) evaluar las ideas e identificar ineficiencias, 7) obtener entendimiento y estimular un pensamiento creativo, y 8) comunicar la integridad y factibilidad de los planes.

A pesar de los recientes y rápidos avances en tecnología, muchas compañías e instituciones tienen equipos obsoletos, practicas ineficientes de trabajo y un mínimo de automatización. Esto es en parte por lo costoso y tardado de explorar métodos alternativos de operación y nuevas tecnologías en los sistemas y procesos reales. Simular un sistema o proceso, por otro lado, provee un método rápido y menos costoso para determinar el impacto, el valor y costo de los cambios (Diamond, 2000).

Según Fawaz (2007) para lograr sus metas, las organizaciones necesitan desarrollar una posición competitiva extremadamente fuerte. Una manera de lograrlo es mejorar sus sistemas operacionales, a través de la eliminación de operaciones y pasos que no agregan valor, implementando e introduciendo tecnología donde sea apropiado, mejorando los flujos enfatizando en las funciones que agregan valor e identificando los generadores de costos para su reducción o eliminación. Los modelos de simulación proveen métricos para lograr análisis significativos y planeación estratégica, ayudando a las compañías a mejorar su posición competitiva.

Para las compañías que por mucho tiempo han confiado en los enfoques tradicionales de los sistemas de manufactura, es frecuentemente difícil hacer que la gerencia se comprometa a implementar la Manufactura Esbelta. Su renuencia surge, porque los diferentes requerimientos de la Manufactura Esbelta, hace difícil predecir la magnitud de las ganancias que se lograrán al implementarlos. Por ello se requiere una herramienta complementaria que pueda cuantificar las ganancias durante la planeación y las etapas de evaluación. Una herramienta obvia es la simulación, la cual es capaz de definir los requerimientos de recursos y las estadísticas del desempeño, mientras permanece flexible a detalles específicos de la organización. Puede ser usada para manejar la incertidumbre y crear puntos de vista dinámicos sobre los niveles de inventario, tiempos de entrega y utilización de la maquinaria para diferentes futuros escenarios. Esto permite la cuantificación de los resultados derivados de usar los principios de manufactura esbelta

y su impacto en todo el sistema. La información obtenida de la simulación puede permitir a la gerencia comparar el desempeño esperado del sistema esbelto en relación con el sistema existente y asumiendo que será significativamente mejor, proveer las bases para su adopción (Fawaz, 2007).

3.8. Protección y Prevención de Incendios

La Administración de la Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA por sus siglas en inglés, 1962) solicita que los empleadores implementen programas de protección y prevención de incendios en los lugares de trabajo.

El fuego es una reacción química que requiere que tres elementos estén presentes para que la reacción se presente y continúe. Los tres elementos son: Calor o una fuente de ignición, Combustible y Oxígeno. Estos tres elementos son referidos típicamente como el triángulo del fuego. El calor, el combustible y el oxígeno deben combinarse de una manera precisa para que el fuego inicie y se propague. Si uno de los elementos del triángulo no está presente o es removido, el fuego no iniciará o si ya inicio, se extinguirá (OSHA, 2019).

Las fuentes de ignición pueden incluir cualquier materia, equipo u operación que emita una chispa o flama – incluyendo elementos obvios como antorchas, así como otras no tan obvias como la electricidad estática u operaciones de afilado. Equipo o componentes que irradian calor, tales como calderas, convertidores catalíticos y silenciadores, pueden ser también fuentes de ignición. Los combustibles pueden ser materiales tales como madera, papel, basura y telas; líquidos inflamables como gasolina o solventes; y gases inflamables como el propano o el gas natural. El oxígeno en el triángulo del fuego proviene del aire en la atmósfera (OSHA, 2019).

El estándar 1910.252 (OSHA, 1962) relativo a la protección y prevención de incendios en operaciones de Soldadura o Corte menciona que si el objeto a ser soldado o cortado no puede ser movido, entonces todos los objetos que representen un riesgo de incendio en las áreas aledañas deben ser removidos a un lugar donde no representen un

riesgo, como en este caso donde para evitar que los contenedores de cartón sean manejados en áreas donde se llevan a cabo procesos de soldadura se tiene que re-empacar el material en contenedores de plástico y metal.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

El objetivo de este trabajo consistió en aplicar herramientas de Ingeniería Industrial, en especial aquellas relacionadas con la Manufactura Esbelta con el fin de eliminar actividades que no agregan valor al proceso de re-empaque dentro de JLC. Para ello se definió un plan que incluía una etapa de observación para conocer el funcionamiento del área, una de análisis específico de las estaciones y una de elaboración de propuestas. La Figura 4.1 muestra las herramientas usadas en cada etapa de la Metodología usada.

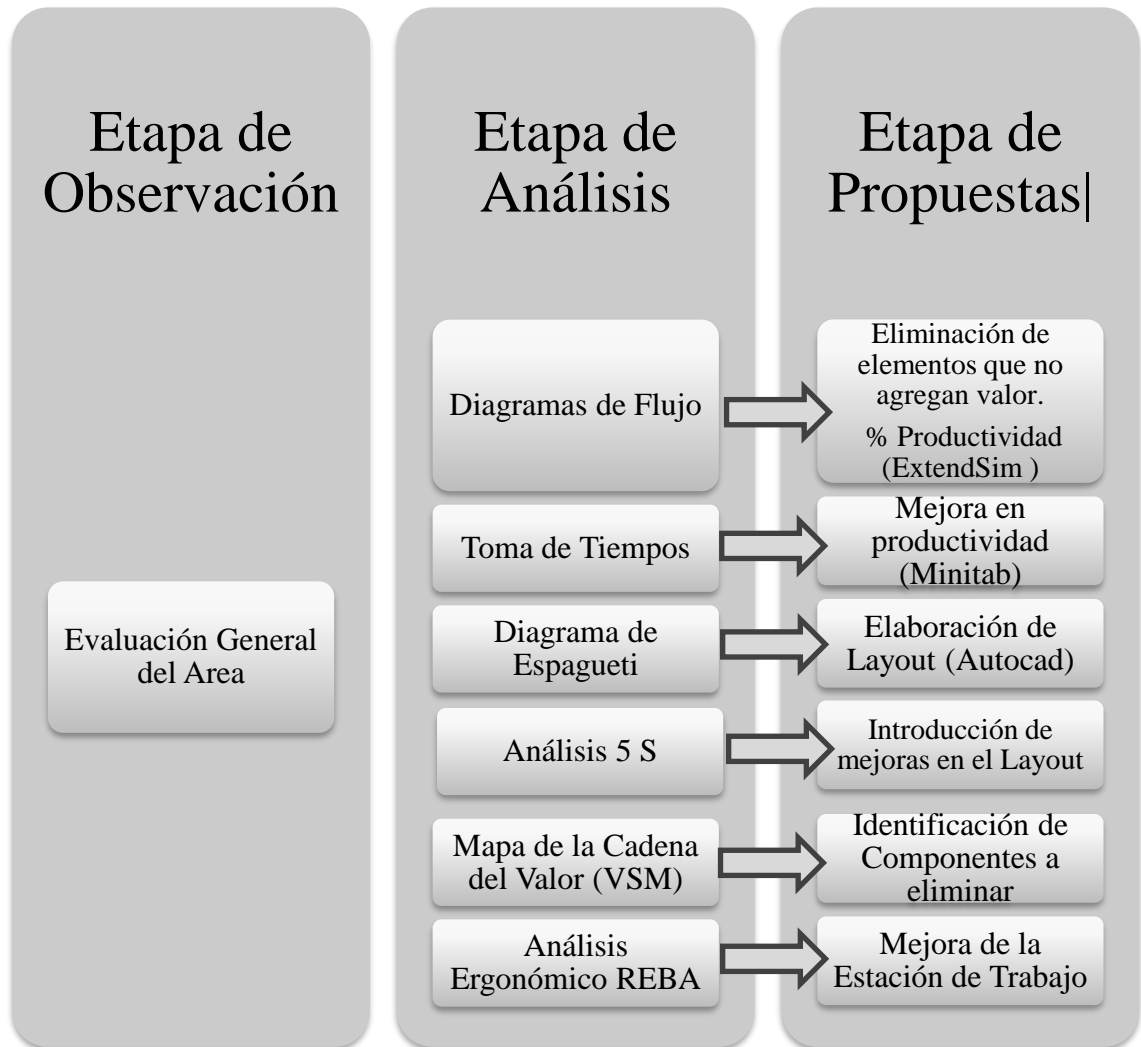


Figura 4.1 Metodología Desarrollada durante la Fase Materiales y Métodos

4.1. Etapa de Observación

Durante esta etapa se pudo observar que en el área se lleva a cabo el re-empaque de productos de diferentes tamaños, pesos y materiales, los cuales son retirados de su empaque original para luego ser colocados en contenedores de plástico o de metal. Como se explicó con anterioridad la razón principal por la que se reempacan los componentes es porque son utilizados en áreas donde se llevan a cabo procesos de soldadura y el uso de cartón genera un riesgo inminente de incendio. Se le dio seguimiento al proceso para observar todas las actividades que se requieren para poder entregar el producto al cliente. Inicialmente se observó exclusivamente el proceso de re-empaque y posteriormente se siguió el proceso desde el proveedor hasta que se entrega al cliente, BRP. La siguiente información detalla las observaciones iniciales:

- El proceso de re-empaque es llevado a cabo por cuatro operadores en el primer turno y cuatro en el segundo.
- El área de re-empaque es un área de 8m * 15.3 m, sin flujos ni procesos de producción propiamente definidos.
- Los contenedores plásticos se manejan en cuatro diferentes tamaños y se identifican como bin 62, 64, 66 y 68. Los contenedores de metal se identifican como canastilla P4, P3 y R4.
- Durante los meses de observación la cantidad de contenedores que se empacaron fueron aproximadamente 17000 por mes.
- Los tiempos de re-empaque que se tienen asignados son de 3.5 min para bins y 9 min para canastillas. Estos tiempos fueron definidos en base a los re-empaques que se llevaron a cabo durante un proceso de seis meses aproximadamente, no se utilizó ningún otro método de medición del trabajo.

4.2. Etapa de Análisis

Luego de observar el funcionamiento del área era necesario hacer uso de herramientas de ingeniería industrial y manufactura esbelta para conocer a detalle el funcionamiento del área. A continuación, se detallan las herramientas utilizadas y cual propósito tenía su uso.

Diagramas de Flujo. – Para iniciar con el análisis detallado del área el primer paso fue entender cada uno de los diferentes procesos de re-empaque. Como anteriormente se mencionó se llevan a cabo tres procesos principales de re-empaque: en canastillas metálicas llamadas P4 y P3, en canastillas metálicas R4 y en bins de cuatro diferentes tamaños los cuales se identifican con los números 62, 64, 66 y 68; dependiendo del tamaño.

El principal objetivo al elaborar los diagramas de flujo era detectar las operaciones que no agregan valor al producto para luego definir si podían ser eliminadas. El re-empaque en cada uno de estos contenedores tiene sus características particulares y por ello se determinó que era importante hacer un diagrama de flujo por cada tipo principal de contenedor. Los Diagramas de Flujo se encuentran en los Anexos 1,2 y3.

Diagrama de Espaguetti. – Durante la elaboración de los diagramas de flujo se detectó que los operadores realizaban largos desplazamientos durante el proceso de re-empaque, por lo que se determinó que era necesario elaborar algún diagrama que permitiera visualizar las distancias recorridas durante cada uno de los diferentes re-empaques, por ello se optó por elaborar un Diagrama de Espaguetti. Con el uso de esta herramienta se busca entender los recorridos llevados a cabo por el operador durante el proceso, para luego buscar eliminar o reducir estos desplazamientos, así como también definir las áreas para cada tipo de re-empaque. La numeración de las operaciones definida en este diagrama se enlazó con la que se usó en los diagramas de flujo. El Anexo 4 contiene el Diagrama de Espaguetti elaborado considerando la situación original.

Mapa de la Cadena del Valor. – Aunque la delimitación del presente trabajo fue el área de re-empaque fue necesario analizar los procesos previos y posteriores con el objetivo de buscar la posibilidad de eliminar el re-empaque de algunos de los componentes. Fue por ello que se elaboró un mapa de la cadena del valor para identificar oportunidades tanto a nivel proveedores como con el cliente BRP. Debido al tamaño del diagrama que representa el VSM (Anexo 5), éste tuvo que ser dividido en varias secciones.

Toma de Tiempos de Operación. - Para poder completar el VSM, así como también para definir la productividad del área fue necesario llevar a cabo toma de tiempos de algunos componentes. Se elaboró un formato general que contenía todos los posibles elementos que se requerían para empaquetar cualquiera de los contenedores. Se dejaron espacios en blanco para anotar posibles variaciones en los elementos.

Considerando el período de tiempo disponible para llevar a cabo el proyecto se tomó la decisión de tomar tiempos al 10%, aproximadamente de los componentes, ya que hacerlo para todos los componentes quedaba fuera del alcance del proyecto y en base a esa muestra calcular una media, una desviación estándar y un error para estimar los tiempos de cada uno de los diferentes contenedores. En el Anexo 6 se puede ver el formato utilizado. El Anexo 7 contiene el resumen de la toma de tiempos por tipo de contenedor.

Hoja de Evaluación Rápida de Cuerpo Entero (REBA). - Se llevó a cabo una evaluación postural de una de las operaciones utilizando la Hoja de Trabajo de la Evaluación Rápida de Cuerpo Entero (REBA por sus siglas en inglés) para definir el riesgo que implica el llevar a cabo las labores en las posturas de trabajo actuales.

La ventaja del uso de este método de evaluación radica en que se lleva a cabo una evaluación de todo el cuerpo, pero analizándolo por secciones. Las puntuaciones se definen en base a los ángulos de inclinación del tronco, partes del cuerpo que no se encuentran en su posición neutral y en consecuencia requiere de un esfuerzo adicional, actividades repetitivas, etc. La Figura 4.2 presenta la foto de la postura que se evaluó y el Anexo 8 contiene la guía para la determinación de las puntuaciones.

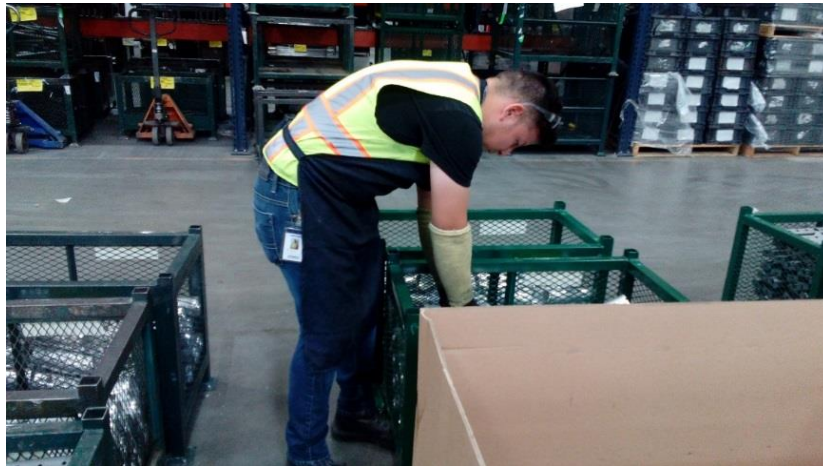


Figura 4.2 Postura Actual Evaluada con la Herramienta REBA

Aplicación 5S.- Uno de los principales problemas del área radica en que no se tienen establecidos ningún flujo del material, ni zonas asignadas para colocación del material o desperdicios (los cuales son muchos ya que constantemente se descarta cartón de los contenedores originales), entre otras situaciones que resultan en una falta de orden en el área, por esa razón se tomó la determinación de aplicar la estrategia 5S.

AutoCAD y Grupos Tecnológicos. – Para trabajar en la definición del flujo del material, el cual era una de las deficiencias principales, se decidió utilizar el software AutoCAD, el cual permite diseñar de manera gráfica la distribución del área.

Para elaborar la distribución del área fue necesario definir los requerimientos para cada tipo de re-empaque y el área disponible. Las siguientes fueron las consideraciones definidas: 1) Requerimientos de espacio para los contenedores de basura, 2) ubicación cercana y accesible del material a reempacar y de los contenedores utilizados para reempacar el material, 3) asegurar el acceso del montacargas solo por el perímetro del área, 4) dimensiones de pallets, mesas y demás equipo requerido, 5) dimensión del área disponible para el área de re-empaque, requerimientos para los pasillos requeridos para el

acceso del montacargas, 7) requerimientos especiales por tipo de re-empaque, tales como que el re-empaque de bins era más rápido y en consecuencia las cantidades de bins requeridas eran mucho mayores a las de las canastillas, las dimensiones de algunos componentes a reempacar en canastillas R4 que superaban el metro y medio.

4.3. Etapa Elaboración de Propuestas

Diagramas de Flujo. – La elaboración de los diagramas de flujo dio como resultado la identificación de elementos que no agregan valor durante el proceso de re-empaque, entre los que se encuentran grandes desplazamientos durante la preparación y limpieza del área de re-empaque. Por esa razón dentro de las principales propuestas se encuentra la redistribución del área cuyo principal propósito es concentrar los procesos de re-empaque por tipo y con ello asegurar que se tiene cerca todo lo que se necesita. El Anexo 9 contiene las tablas con los porcentajes de las actividades que no agregan valor por tipo de contenedor.

Mapa de la Cadena del Valor. – Al elaborar el Mapa de la cadena del valor se pudieron identificar las siguientes oportunidades:

1. Las oportunidades con los proveedores estaban al solicitar a los mismos que enviaran los materiales ya empacados en un contenedor de plástico o metálico que pudiera ser usado en el área de fabricación sin generar riesgo de incendio y así evitar el re-empaque.
2. Las oportunidades con el cliente se podían dar en los componentes que no eran utilizados en el área de fabricación (área donde se llevan a cabo procesos de soldadura) por lo que enviarlos en contenedores de cartón era factible porque no representaban ningún riesgo de incendio.
3. La oportunidad de modificar el Layout para hacer más efectivo el re-empaque de componentes y evitar los desplazamientos de los operadores.

A partir de la detección de la oportunidad detectada en el punto 1 se elaboraron listas de componentes para solicitar a aquellos proveedores que ya surtían ciertos materiales en contenedores retornables analizarán la posibilidad de agregar nuevos componentes y así evitar el proceso de re-empaque. El Anexo 10 muestra los componentes que se identificaron y se proporcionaron al departamento de logística para solicitar el cambio en el empaque.

De igual manera para trabajar en las oportunidades del punto 2 se elaboraron listas de componentes que se utilizaban fuera del área de riesgo de incendio y se trabajó con el departamento de logística para analizar la posibilidad de eliminar el re-empaque de estos. El Anexo 11 muestra los componentes identificados por planta de manufactura para eliminar el re-empaque. Para ello fue necesario elaborar un plan, el cual fue ejecutado en coordinación con el departamento de logística para poder identificar y llevar a cabo los cambios en los componentes. Las actividades incluidas en el plan fueron:

1. Definir componentes potenciales a eliminar del re-empaque.
2. Verificar empaque oficial por sistema, en esta etapa encontramos que algunos componentes tenían incongruencias entre el sistema y lo que físicamente se tenía.
3. Analizar en Producción si era viable el reemplazo o existían otras razones para llevar a cabo el re-empaque.
4. Cuando los cambios de empaque fueran factibles, realizar juntas con producción para comunicar el cambio inminente y posteriormente llevar a cabo los cambios por sistema (SAP).
5. Comunicar los cambios a los materialistas para realizar los cambios físicos en producción.

Hoja de Evaluación Rápida de Cuerpo Entero (REBA). Luego de llevar a cabo la evaluación de la postura de la estación de trabajo de canastilla P4 se propuso el uso de elevadores neumáticos para mantener el material a reempacar al nivel de la cintura del

operador. Además, al realizar visitas a las plantas de BRP se observó la existencia de unas bases móviles que se utilizaban en el área de producción con el fin de mantener las canastillas elevadas al nivel de la cintura por lo que se propuso también el uso de ellas. Con ambas acciones se evita que el operador tenga que inclinarse de forma repetitiva.

Aplicación 5S.- Considerando que la herramienta 5S es de las más recomendadas para su aplicación en las empresas pequeñas y con pocos recursos económicos y de personal, se procedió a llevar a cabo las siguientes actividades para cumplir con cada una de las S de esta metodología.

Sortear y poner en orden (Sort and Set in order), en relación con esta actividad se determinaron las áreas donde se colocarían los contenedores para el desperdicio de cartón, madera, plástico y metal. Esta actividad era importante porque los principales desplazamientos que los operadores tenían eran para colocar la basura ya que esta normalmente estaba alejada de su área de trabajo. Para ello se definió en la distribución del área (lay-out) una zona para basura cercana a cada una de las diferentes estaciones de trabajo, poniendo atención al tipo de desperdicios que cada re-empaque generaba.

Se definieron también las áreas donde el operador de montacarga debería colocar el material a reempacar. Definir estas zonas era de radical importancia porque anteriormente este operador entraba al área mientras los operadores de re-empaque estaban laborando, poniendo en riesgo su seguridad. Por esa razón se definieron en el Layout los puntos donde el operador de montacarga colocaría y retiraría el material, los cuales estaban localizados en el perímetro del área de trabajo sin necesidad de entrar en el área, para evitar un accidente.

A los materiales que los operadores utilizaban para el re-empaque como plástico, grapas, fleje, etc, se les asignó un punto junto al capturista de datos para que evitar desplazamientos por toda el área y además de esta manera, el capturista sabría cuando solicitar material adicional ya que estaría aledaño a su escritorio.

Para cumplir con la sección de estandarizar (Standarize), se definieron y delimitaron las estaciones de trabajo, con el propósito de que el operador lleve a cabo sus actividades siempre en un área asignada y con ello estandarizar los flujos y las operaciones.

Con el objeto de cumplir con la sección de mantener (Sustain) todas las propuestas de distribución del área se hicieron en conjunto con los trabajadores para hacerlos partícipes de los cambios y con ello generar el compromiso individual y colectivo para mantener el área tal como se definió, ya que estaban basadas en sus sugerencias. De esta forma se pretende que los cambios una vez implementados sean conservados.

AutoCAD y Grupos Tecnológicos. – El análisis del diagrama de espaguetti y las propuestas resultantes de la herramienta 5S permitieron definir los requerimientos para la nueva distribución del área, los cuales tuvieron como propósito principal mantener agrupadas las áreas que guardaban similitud en sus actividades buscando aplicar la metodología de los grupos tecnológicos. El re-empaque de cada tipo de contenedor requería de equipo auxiliar diferente para poder hacer la labor del operador más sencilla. Además, el re-empaque en los diferentes contenedores genera diferente tipo de basura y todo ello debía ser considerado al elaborar una distribución que disminuyera los desplazamientos continuos de los operadores y evitar el desorden en el área.

La nueva distribución del área se definió en conjunto con el personal operativo y de supervisión del almacén con el fin de que una vez implementado ellos respetaran los flujos y las áreas designadas. El Anexo 12 muestra la distribución del área propuesta.

La implementación del nuevo Layout tendrá las siguientes ventajas: Definición de áreas de trabajo por tipo de empaque, acceso al área de los operadores de los montacargas por el perímetro sin poner en riesgo al operador, cada área tiene la posibilidad de tener dos operadores lo que le permite mayor flexibilidad, áreas para basura cercanas y delimitadas, lo que elimina los constantes desplazamientos y áreas definidas para Kanban de canasta vacías.

Toma de Tiempos de Operación

Al llevar a cabo los cambios propuestos en Layout y con las 5S se podrían eliminar los tiempos de preparación del área y de limpieza ya que todos los contenedores estarían cerca del operador. Para verificar si los nuevos tiempos eran menores, se llevaron a cabo Pruebas t por cada tipo de empaque. Se eligió la Prueba t ya que las muestras eran pequeñas, se verificó normalidad en las muestras y se partió del supuesto de que ambas muestras tenían varianzas iguales.

Simulación

Debido a que los cambios principales no podían efectuarse, por cuestiones operacionales y de presupuesto, fue necesario simular la mejora en tiempos al eliminar los elementos que se identificaron que no agregaban valor y así definir la mejora que podría obtenerse en productividad.

Para poder llevar a cabo el modelo se diseñó un diagrama donde se definen los pasos que se requieren para llevar a cabo el re-empaque. La Figura 4.3 presenta el diagrama de flujo para la elaboración del modelo de simulación.

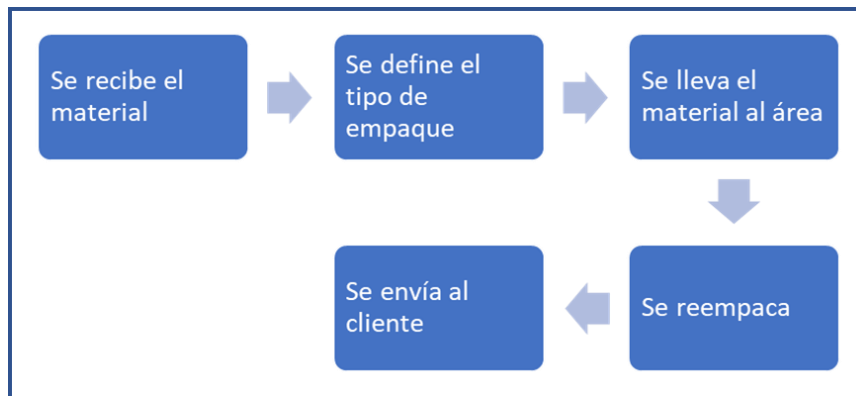


Figura 4.3 Diagrama de Flujo para Elaboración de Modelo de Simulación

La elaboración del modelo de simulación requería la obtención de información y llevar a cabo varias actividades que nos permitirían al final visualizar fácilmente los efectos de los cambios. Esas actividades se enumeran a continuación:

1. Tomar los tiempos de los componentes, haciendo un desglose de los elementos de manera que posteriormente pudieran eliminarse aquellos identificados como de no valor agregado.
2. Luego de la definición de un Layout, las recomendaciones resultantes del análisis 5S y la definición del flujo del material se pudieron seleccionar las actividades que resultaban innecesarias y se definieron los tiempos que se obtendrían al llevar al cabo esas mejoras.
3. Se definió el objetivo del modelo de simulación, que consistía en mostrar el estado actual y el mejorado para demostrar el aumento en la productividad. Partiendo de la siguiente definición de Productividad:

$$\text{Productividad} = \text{Cantidad de contenedores reempacados} / \text{No. de Operadores}$$

Para este paso era necesario determinar la cantidad de contenedores que se reempacan por día y definir el tipo de distribución que siguen los datos. Para ello se tomó información de un mes de producción y verificó que los datos se ajustaran a una distribución normal. La prueba de Anderson Darling resultó en un valor $P = 0.737$, por lo que se definió que los datos se ajustaban a una distribución normal. Ver Anexo 13 para datos y gráfica de distribución de probabilidad.

4. Se obtuvo información adicional como el porcentaje de contenedores reempacados por tipo de empaque basado en información histórica (Tabla 4.1).
5. Con esta información y luego de intentar con varios modelos, se obtuvo un modelo de simulación que permitía mostrar como los cambios podrían generar una mejora en la productividad del área. El modelo de simulación final se encuentra en el Anexo 14.
6. Se simuló el modelo con los tiempos de empaque mejorados y se verificó el porcentaje de utilización por estación y en base a los resultados se hicieron modificaciones al modelo para hacer más productiva el área.

Tabla 4.1 Relación entre Tipo de Contenedor y Frecuencia de Re-empaque

Tipo de contenedor	Frecuencia de re-empaque
62	0.21
64	0.24
66	0.31
68	0.13
P4	0.07
R4	0.03

5. RESULTADOS

Luego de llevar a cabo las propuestas se verificaron los resultados que se obtendrían por áreas de oportunidad detectadas. Debido a la duración del proyecto varias propuestas no se pudieron implementar por lo que la sección relativa a la mejora en los tiempos tuvo que ser evaluada a través del uso de un modelo de simulación.

5.1. Resultados en la Eliminación de Componentes a Reempacar

El objetivo de este trabajo era reducir el re-empaque en al menos un 10% de los 615 componentes que en ese momento estaban identificados en el re-empaque. Al elaborar el mapa del proceso se consideró que tanto el proveedor como el cliente podían realizar cambios para lograr esta meta. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

- De la lista de 32 componentes generada para solicitar cambios al proveedor para que mandara los componentes en empaque de plástico o metal, por decisión de la gerencia este se convirtió en un proyecto que el departamento de logística tenía que completar a través de sus empleados y no se pudo participar en él.
- De la lista generada para el cliente, se elaboraron 2 listas, una por planta. Se generó una lista inicial, de la cual se eliminaron componentes que sí requerían el re-empaque y terminaron siendo 25 componentes en la planta 1 y 32 componentes identificados en planta 2.

El total de componentes a los cuales se les cambiaron los parámetros de empaque por sistema fueron en total 27, lo que representa el 4.39%. Sin embargo, el 4.87% de los componentes de la lista total de 57 estaban en proceso de ser aceptados, pero no pudieron ser incluidos en el alcance de esta tesis por que el proceso de cambio implicaba una duración mayor a la estadía pactada con la empresa. La Tabla 5.1 muestra los componentes eliminados de re-empaque.

Tabla 5.1 Componentes Eliminados de Re-empaque

Planta	Componentes identificados	Se eliminó parámetro de re-empaque (4.39%)	Pendientes por resolver (4.87%)
1	25	13	12
2	32	14	18

5.2. Resultados de la Reducción en los Tiempos de Empaque

Con el fin de determinar si los cambios permitían lograr una reducción significativa en los tiempos de reempaque, se llevaron a cabo Pruebas t para definir si los cambios permitían obtener tiempos significativamente menores a los definidos en JLC. Debido a que cada tipo de empaque tiene diferentes condiciones se llevaron a cabo pruebas individuales. A continuación, se presentan los resultados:

Prueba t para los Tiempos de los Bins

Para probar que la aplicación de las estrategias de Manufactura Esbelta reduciría el tiempo de re-empaque actual, a menos de 210 segundos (3.5 minutos) por bin se llevó a cabo una Prueba t con las siguientes hipótesis: $H_0: \mu = 210$ segundos/bin, $H_1: \mu < 210$ segundos/bin. Para evaluar la hipótesis de esta reducción del tiempo, se tomó una muestra de 32 tiempos, la que arrojó una media de 108.2 segundos. Los resultados de esta prueba se muestran en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2 Resultados de Minitab de Prueba de Hipótesis para Tiempos de Bins

Prueba de Hipótesis de $\mu = 210$ vs < 210							
Muestra	N	Media	Desv. St.	Error St.	Lim. Sup. 95%	T	P
Bins	32	108.2	40.34	7.13	120.29	-14.28	0.000

Al obtener un valor $P = 0.00$ y un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ se puede concluir que los tiempos con los cambios propuestos son significativamente menores a 210

segundos. La Figura 5.1 presenta el Diagrama de Caja donde se muestra como la media anterior es mayor a la obtenida con los cambios propuestos.

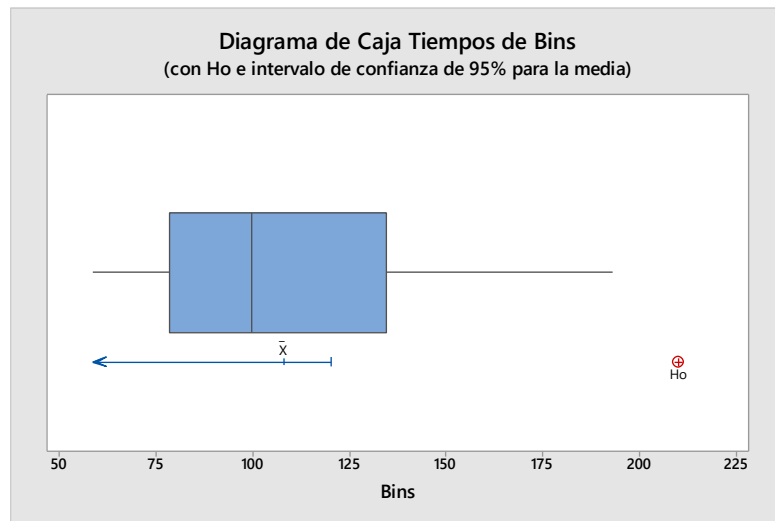


Figura 5.1 Diagrama de Caja Comparando el Valor de la Ho contra la Media de los Tiempos de los Bins

Prueba *t* para los Tiempos de las Canastas P3 y P4

Luego de definir las hipótesis de que la aplicación de las estrategias de Manufactura Esbelta reduciría el tiempo de re-empaque actual, a menos de 540 segundos (9 minutos) por canasta, es decir $H_0: \mu = 540$ segundos/canasta, $H_1: \mu < 540$ segundos/canasta, se tomaron los tiempos con las mejoras para las canastas P3 y P4. La media de la muestra fue de 272 segundos y con ella se llevó a cabo la Prueba *t*. Los resultados se muestran en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3 Resultados de Minitab de Prueba de Hipotesis para Tiempos Canasta P4/P3

Prueba de Hipótesis de $\mu = 540$ vs < 540							
Muestra	N	Media	Desv. St	Error St.	Lim.Sup. 95%	T	P
P4/P3	12	272	81.1	23.4	314	-11.45	0.000

Al obtener un valor P de aproximadamente 0 y considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ se puede determinar que los tiempos con los cambios propuestos si son menores a 540 segundos. La Figura 5.2 muestra como la media de los tiempos anteriores es significativamente mayor a la obtenida con los cambios propuestos.

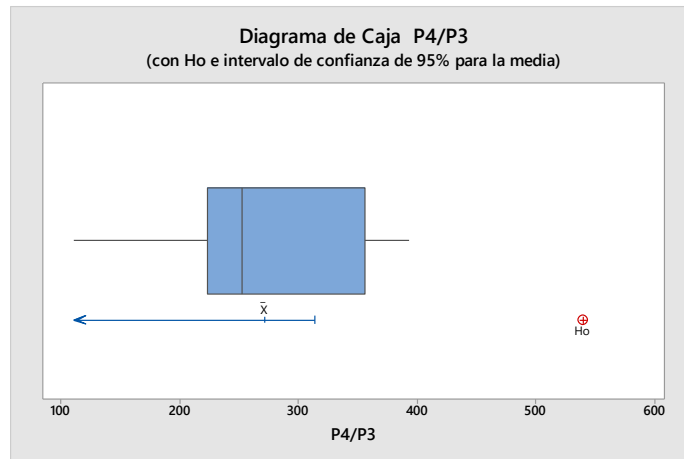


Figura 5.2 Diagrama de Caja Comparando el Valor de la Ho contra la Media de los Tiempos de las canastas P4/3

Prueba t para los Tiempos de las Canastas R4

Para probar que la aplicación de las estrategias de Manufactura Esbelta reduciría el tiempo de re-empaque actual, a menos de 540 segundos (9 minutos) por canasta R4 se llevó a cabo una Prueba t con las siguientes hipótesis: $H_0: \mu = 540$ segundos/canasta R4, $H_1: \mu < 540$ segundos/canasta R4. Para evaluar la hipótesis de esta reducción del tiempo, se tomaron tiempos a una muestra, la que arrojó una media de 498.8 segundos. Los resultados los contiene la Tabla 5.4.

Tabla 5.4 Resultados de Minitab de Prueba de Hipotesis para Tiempos de Canasta R4

Prueba de Hipótesis de $\mu = 540$ vs < 540							
Muestra	N	Media	Desv. St	Error St	Lim. Sup. 95%	T	P
R4	9	498.8	103.8	34.6	563.2	-1.19	0.134

Al obtener un valor $P=0.134$ y considerando un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ se puede determinar que los cambios propuestos no generaron una reducción significativa entre los tiempos anteriores y los tiempos con los cambios propuestos. La razón por la que no se obtiene una mejora considerable en este tiempo radica en que el re-empaque de estos componentes se encontraba localizado justo enseguida de los contenedores de basura, por lo que no tenían desplazamientos considerables y eso disminuía los tiempos de empaque originales considerablemente.

5.3. Resultados de Simulación para Mostrar el Aumento en la Productividad.

Una vez que se comprobó que existían diferencias significativas en dos tipos de contenedores se procedió a verificar el impacto del cambio de los tiempos en la productividad. Se hicieron cuatro corridas de simulación con los tiempos originales y se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5 Resultados de Corridas de Simulación con Tiempos Actuales

Tiempos Actuales (4 op, 2 turnos)	Contenedores por estación	225	219	213	198	222	216	217	195	226	215	204	200	220	211	214	206	Promedio /día
	Promedio por día	855				850				845				851				850.25

Luego se corrió el mismo modelo con los tiempos mejorados y se analizó el porcentaje de utilización por estación. La Tabla 5.6 muestra la información generada a través del modelo de simulación donde se visualiza el porcentaje de utilización cuando se utilizan cuatro operadores por turno con los tiempos mejorados.

Tabla 5.6 Utilización por Estación con Nuevos Tiempos y Cuatro Operadores

Estación	Piezas llegan	Piezas salen	Utilización
1	321	320	0.8181
2	288	287	0.77198
3	193	193	0.52125
4	59	59	0.16396

La Tabla 5.6 muestra que dos estaciones estaban siendo utilizadas muy por debajo de su capacidad, por esa razón se optó por eliminar una estación y verificar si era posible llevar a cabo el re-empaque con solo tres estaciones. En la Tabla 5.7 se muestra el resultado de 4 corridas de simulación con 3 operadores, lo que obtiene cada estación y su porcentaje de utilización.

Tabla 5.7 Utilización por Estación con Nuevos Tiempos y Tres Operadores

Estación	Piezas llegan	Piezas salen	Utilización
1	328	327	0.8624
2	297	296	0.8187
3	242	241	0.6738

En esta corrida se pudo observar que tres estaciones era lo óptimo para reempacar los componentes ya que los porcentajes de utilización variaban entre el 60 y 80% por estación. El modelo de simulación donde se reflejaron los cambios es igual al inicial, pero con la variante que solo requiere de tres estaciones de trabajo. La Figura 5.3 muestra el modelo de simulación luego de las propuestas.

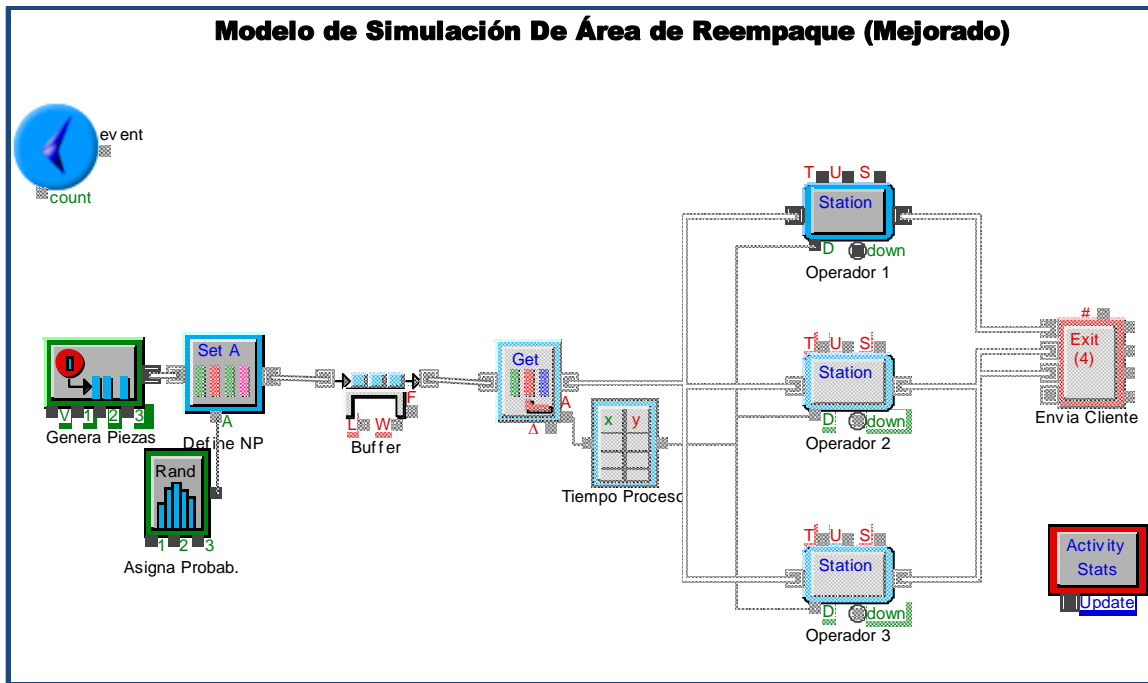


Figura 5.3 Modelo de Simulación Propuesto

Al comprobar que era posible correr el modelo con solo tres operadores y con ello lograr una mejora en la productividad, se procedió a llevar a cabo la simulación con varias corridas para demostrar la repetibilidad de las corridas en la simulación. La Tabla 5.8 muestra los resultados.

Tabla 5.8 Resultados de Corridas de Simulación después de Propuestas

Tiempos mejorados (3 op, 2 turnos)	Contenedores por estación	327	164	370	338	159	353	328	167	366	327	170	345	Promedio/día
	Promedio por día	861		850		861		842		853.5				

Para demostrar la mejora en la productividad se aplicó la fórmula de la productividad parcial que consiste en dividir la producción obtenida entre la mano de obra utilizada y se pudo verificar que la productividad de la mano de obra directa puede ser mejorada en un 33% con los cambios propuestos (Tabla 5.9).

Tabla 5.9 Comparación entre Productividad Inicial y Final con Propuestas

Productividad inicial (cont/op)	Productividad final (cont/op)	Mejora en la productividad
Pi = 850 / 8	Pf = 853 / 6	
106.25	142.16	33.8%

5.4. Resultados Nivel de Riesgo Asignado por REBA de la Postura de Trabajo.

Los cambios en la estación de trabajo consistieron en hacer uso de elevadores neumáticos para que el material estuviera a la altura de la cadera del operador y bases móviles para la canasta, que de igual manera mantienen las canastas a la altura recomendada y con ello se logra que el operador evite inclinarse y pueda desplazar el material ya re-empacado fácilmente (Figura 5.4).



Figura 5.4 Postura de Trabajo Mejorada

Al llevar a cabo cambios en la estación de trabajo se pudieron obtener mejores puntuaciones al evaluarlas usando la hoja de la herramienta Evaluación Rápida de Cuerpo Entero (REBA). La Tabla 5.10 muestra la comparación entre las puntuaciones de cada parte del cuerpo antes y después de las modificaciones. Como se puede observar los cambios permiten lograr una mejora significativa en la evaluación de la postura, ya que la recomendación con la nueva puntuación no precisa de una acción correctiva. El Anexo 15 contiene los formatos de evaluación de REBA de ambas posturas.

Tabla 5.10 Comparativa de Puntuaciones REBA antes y después de Propuestas

Parte del Cuerpo	Puntuación Antes	Puntuación Después
Espalda	4	1
Cuello	1	1
Piernas	2	1
Brazo superior	2	1
Brazo inferior	1	1
Muñeca	1	1
Puntuación final	6	3
Nivel de Riesgo	Medio	Bajo
Acción Requerida	Necesaria	Puede no ser necesaria

6. CONCLUSIONES

Con la realización de este trabajo se puede concluir que el uso de las herramientas de Manufactura Esbelta permite identificar e implementar mejoras para hacer los procesos más eficientes y evitar desperdicios. Sin embargo, es importante mencionar que la visión de Manufactura Esbelta se deberá tener presente desde el momento en que se diseña un sistema de manufactura y considerarla en todas las etapas del proceso, ya que al no hacerlo se termina incluyendo actividades que no agregan valor al producto, como en este caso el re-empaque de los componentes llevados a cabo en JLC.

La implementación de las propuestas obtenidas luego de la elaboración de este trabajo permitirá a la empresa generar una mejora en la productividad del 33% de la mano de obra directa dentro de este departamento, la eliminación del proceso de re-empaque en un 4.39% de los componentes que se reempacan y disminuir el nivel de riesgo en las estaciones de trabajo al pasar de un seis a un tres en la puntuación de REBA, lo que permite clasificarlas como estaciones con un nivel ergonómico de riesgo bajo. Todos estos beneficios se lograron a través de un análisis con un enfoque de Manufactura Esbelta y la aplicación de sus herramientas.

Además, se pudo constatar que cuando se tiene una visión real de lo que implica la implementación de la Manufactura Esbelta se busca integrar a clientes y proveedores, como fue el caso de BRP que buscando obtener un sistema más eficiente busco incluir a JLC, su proveedor, dentro de sus iniciativas de mejora. Pero para lograr cambios reales es importante darles seguimiento a estas iniciativas y evitar que se conviertan simplemente en una moda.

También es importante establecer que los procesos de mejora se pueden y deben aplicar a todas etapas del proceso y todos los departamentos porque normalmente se implementan en áreas de producción y se dejan de lado departamentos que provocan grandes desperdicios dentro de toda la cadena del valor, lo cual fue evidente al elaborar el Mapa de la Cadena del Valor (VSM).

Las empresas pequeñas tienen la particularidad de no tener personal de ingeniería por el costo que esto implica, sin embargo, si se evaluara el costo-beneficio quizá se inclinarían por contratarlo. Este trabajo de investigación demostró que en solo seis meses se pudieron detectar varias oportunidades de mejora que una vez implementadas permitirán tener un área más ordenada, funcional y eficiente. También fue interesante observar que cuando el personal operativo observa que hay interés en mejorar sus condiciones laborales, tienden a participar y a aportar ideas que los hace sentirse parte de la empresa, lo cual es uno de los pilares de la Manufactura Esbelta que busca que todo el personal esté involucrado y se sienta parte de los cambios. Este trabajo le permite al lector identificar qué tipo de herramientas pueden ser aplicadas y la metodología a seguir para lograr resultados en empresas que cuentan con pocos recursos de personal y pocas actividades enfocadas a la mejora continua.

Como siguientes pasos se recomienda aplicar estas metodologías en el resto de los departamentos de JLC para crear una sinergia de eliminación del desperdicio en todo el almacén y así lograr la implementación de la Manufactura Esbelta de una manera global. De igual manera se recomienda generar más trabajos de investigación en departamentos como los almacenes, ya que estos no han sido considerados como parte elemental en la cadena del valor y se requiere evaluar como cada una de las herramientas de la Manufactura Esbelta puede ser utilizada para eliminar los desperdicios, que son considerables, en los almacenes de materia prima y producto terminado.

REFERENCIAS

- AlManei M., Salonitis K., Xu Y. (2017), Lean Implementation frameworks: the challenges for SMEs. Procedia CIRP 63. 750-755
- Bayo-Moriones, A., Bello-Pintado, A. and Merino-Díaz de Cerio, J. (2010), 5S use in manufacturing plants: contextual factors and impact on operating performance. International Journal of Quality and Reliability Management. 217-230.
- Berger A. (1997). Continuous improvement and kaizen: standardization and organizational designs, Integrated Manufacturing Systems, 89, 110- 117.
- Carro, R., González, D. (2000) *Administración de las operaciones*. Editorial Nueva Librería.
- Corlett E. N. (1988). The investigation and evaluation of work and workplaces. Ergonomics. 727-734.
- Das B., Sengupta A. (1996). Industrial workstation design: A systematic ergonomics approach. Applied Ergonomics
- Diamond, B. (2000). *Extend Professional Simulation Tools*. Imagine That Inc.
- Emblem A., Emblem H. (2012) *Packaging Technology. Fundamentals, Materials and Processes*. Editorial Woodhead.
- Fawaz, A.; Jayant, R. (2007) Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. International Journal of Production Economics. 223-236.
- Gapp R., Fisher R., Kobayashi K, (2008). Implementing 5S within a Japanese context: an integrated management system. Management Decision, Vol. 46 Issue: 4, pp.565-579
- Glass R., Seifermann S., Metternich J. (2016) The spread of Lean Production in the Assembly, Process and Machining Industry. Procedia CIRP. 278-283.
- Hanson R., Medbo L., Jukic P., Assad M. (2017) Manual picking form flat and tilted pallet containers. International Journal of Industrial Ergonomics. 1-13.
- Hemanand K, Amuthuselvan D, Chidambara R, Sundararaja G. (2012) Improving Productivity of Manufacturing Division using Lean Concepts and Development of Material Gravity Feeder. International Journal of Lean Thinking. Vol 3, Issue 2.
- Hignett S., McAtamney L. (2000) Rapid Entire Body Assessment (REBA). Applied Ergonomics. 201-205.

- Holweg M. (2007) The genealogy of lean production. Journal of Operations. March
- INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2011) Micro, pequeña, mediana y gran empresa: estratificación de los establecimientos: Censos Económicos 2009. México.
- Matt, D.T., Rauch E. (2013). Implementation of Lean Production in small sized Enterprises. 8th Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering. Procedia CIRP, 420-425. Italy.
- Niebel, B., Freivalds, A. (2009) *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Ed. McGraw Hill.
- Omogbai, O., Salonitis, K. (2017) The implementation of 5S lean tool using system dynamics approach. Procedia CIRP 60. 380-385.
- OSHA Occupational Safety and Health Standards. 1962. Welding, Cutting and Brazing. General requirements. 1910.252
- OSHA Fire Protection and Prevention. 2019. Obtenido de:
<https://www.osha.gov/sites/default/files/2019-03/fireprotection.pdf>
- Pearce A., Pons D., Neitzert T. (2018) Implementing Lean - Outcomes from SME case studies. Operations Research Perspectives.
- Radharamanan, R. (1994). Group technology concepts as applied to flexible manufacturing systems. International Journal of Production Economics, Vol. 33(1-3), pages 133-142, January.
- Rohac T., Januska M. (2015) Value Stream Mapping Demonstration on Real Case Study. Procedia Engineering 100. 520-529.
- Rose, A., Deros B., Rahman, M., Nordin, M. (2011) Lean Manufacturing best practices in SMEs. International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.
- Salazar, B. Gestión de Almacenes. Ingeniería Industrial en línea. 2016. Obtenido de:
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-de-almacenes/>
- Sundar R., Balaji N., Satheesh K. (2014). A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. Procedia Engineering 97. 1875 – 1885
- Suresh N., Kay J. (1998) *Group Technology and Cellular Manufacturing*. Springer Science+Business Media, LLC

Venkataraman K. (2014) Application of Value Stream Mapping for Reduction of Cycle Time in a Machining Process. *Procedia Materials Science*.

Wilson L. (2010) *How to Implement Lean Manufacturing*. Ed. McGraw Hill

ANEXO 1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE BINS

Elaborado por: Elba Muñiz
Fecha: 09 Marzo 2018

	RESUMEN	#	Tpo
○	Operaciones	8	
⇒	Transporte	4	
□	Controles	1	
D	Esperas	1	
▽	Almacenamiento		
	TOTAL		

	Descripción Actividades	Op	Trp	Ins	Esp	Alm	Tiem	Dist
1	Tomar datos de etiqueta	●	⇒	□	D	▽		
2	Define cantidad de contenedores requeridos	●	⇒	□	D	▽		8 m
3	Va/espera por contenedores	○	⇒	□	D	▽		12 m
4	Quita empaque inicial / Abre contenedor	●	⇒	□	D	▽		9 m
5	Reempaca material	●	⇒	□	D	▽		
6	Verifica cantidad	○	⇒	■	D	▽		
7	Pone bins en pallet	●	⇒	□	D	▽		
8	Aplica etiqueta individual	●	⇒	□	D	▽		16 m
9	Aplica etiqueta SU	●	⇒	□	D	▽		
10	Va por plástico	○	⇒	□	D	▽		
11	Enfarda (Aplica plástico)	●	⇒	□	D	▽		
12	Retira empaque / Cierra contenedor	○	⇒	□	D	▽		26 m
13	Retira pallet	○	⇒	□	D	▽		
	TOTAL							71m

ANEXO 2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE CANASTILLA P4, P3

Elaborado por: Elba Muñiz
Fecha: 09 Marzo 2018

	RESUMEN	#	Tpo
○	Operaciones	5	
⇒	Transporte	3	
□	Controles	1	
D	Esperas	1	
▽	Almacenamiento		
	TOTAL		

	Descripción Actividades	Op	Trp	Ins	Esp	Alm	Tiem	Dist
1	Tomar datos de etiqueta	●	⇒	□	D	▽		
2	Define cantidad de contenedores requeridos	●	⇒	□	D	▽		4.5m
3	Va/espera por contenedores	○	⇒	□	●	▽		10m
4	Quita empaque inicial / Abre contenedor	●	⇒	□	D	▽		10m
5	Re-empaca material	●	⇒	□	D	▽		
6	Verifica cantidad	○	⇒	■	D	▽		
7	Retira empaque / Desarma contenedor	○	⇒	□	D	▽		3m
8	Retira pallet	○	⇒	□	D	▽		3m
9	Aplica etiqueta SU	●	⇒	□	D	▽		4m
	TOTAL							34.5m

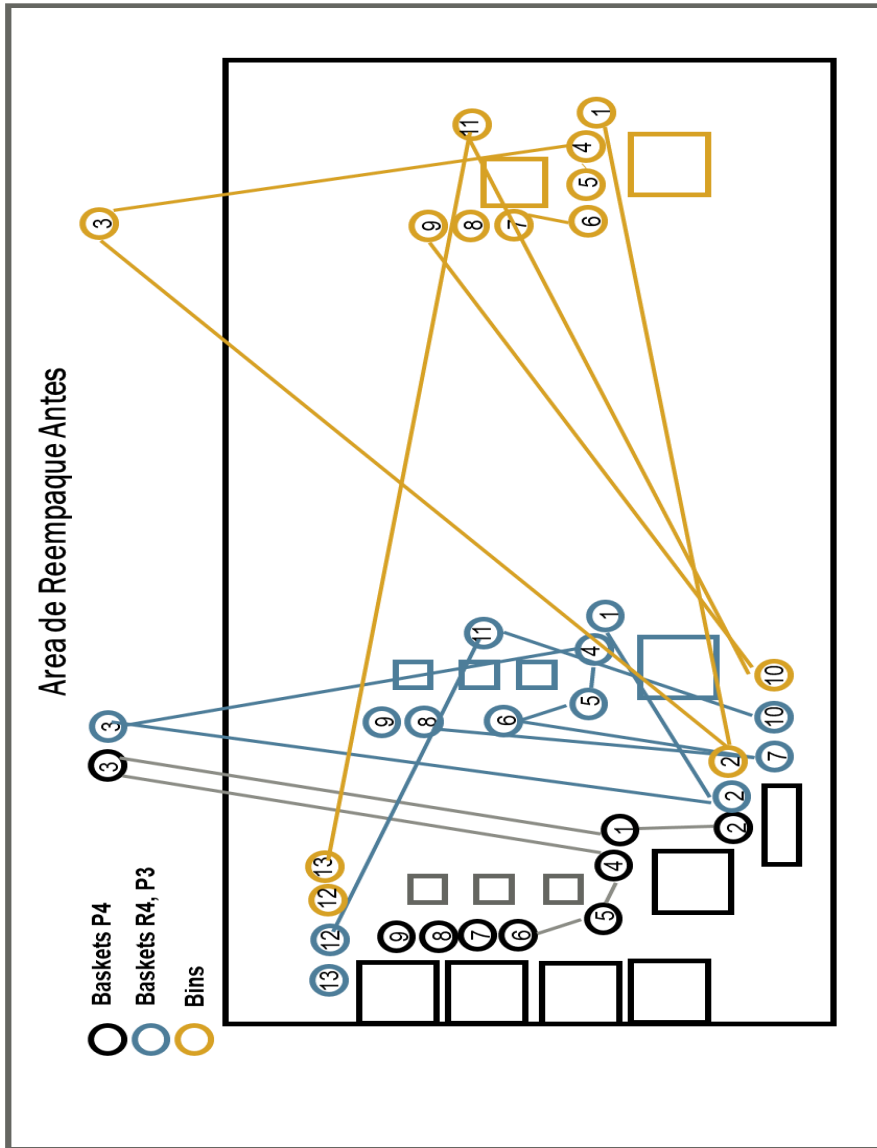
ANEXO 3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE CANASTILLA R4

Elaborado por: Elba Muñiz
Fecha: 09 Marzo 2018

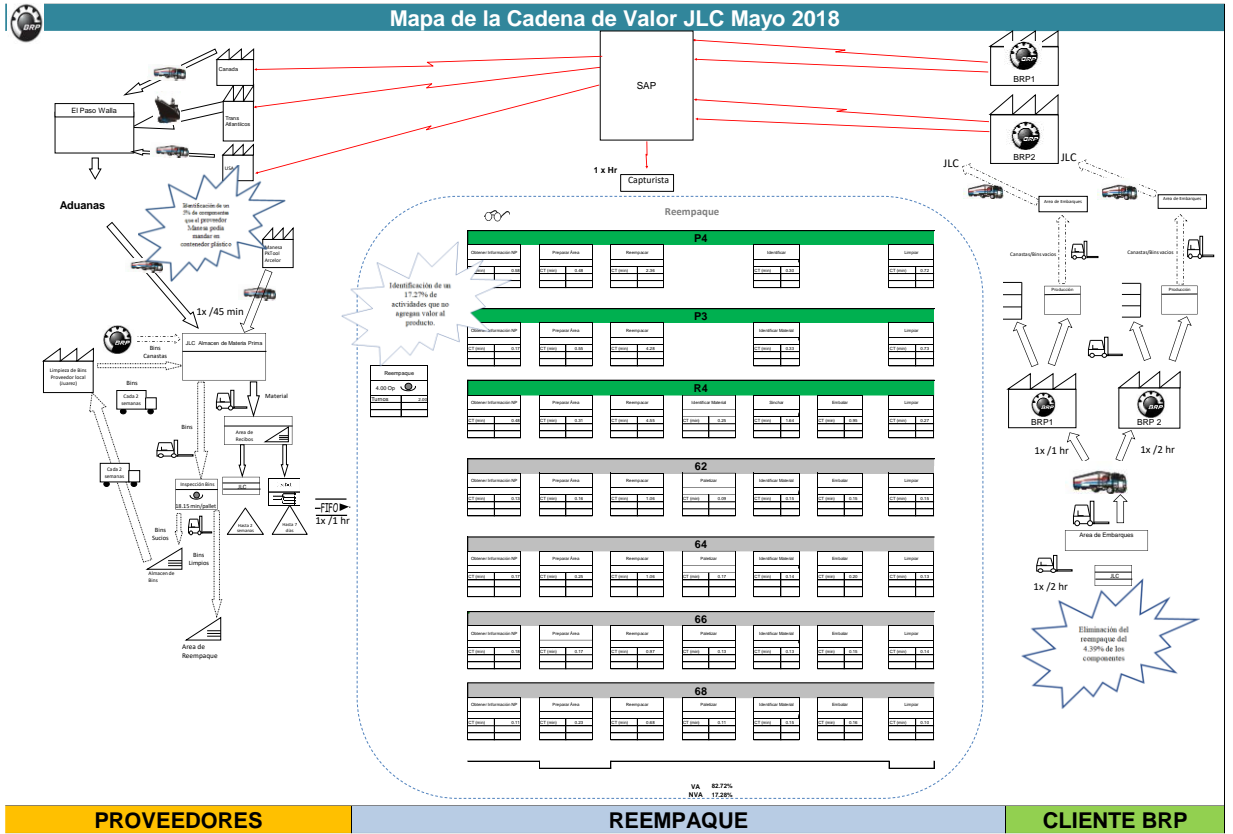
	RESUMEN	#	Tpo
○	Operaciones	7	
⇒	Transporte	5	
□	Controles	1	
D	Esperas	1	
▽	Almacenamiento		
	TOTAL		

	Descripción Actividades	Op	Trp	Ins	Esp	Alm	Tiem	Dist
1	Tomar datos de etiqueta	●	⇒	□	D	▽		
2	Define cantidad de contenedores requeridos	●	⇒	□	D	▽		2.5m
3	Va/espera por contenedores	○	⇒	□	●	▽		10m
4	Quita empaque inicial / Abre contenedor	●	⇒	□	D	▽		7.5m
5	Re-empaca material	●	⇒	□	D	▽		
6	Verifica cantidad	○	⇒	■	D	▽		
7	Va por fleje	○	⇒	□	D	▽		6m
8	Fleja	●	⇒	□	D	▽		
9	Aplica etiqueta SU	●	⇒	□	D	▽		
10	Va por plástico	○	⇒	□	D	▽		6 m
11	Enfarda (Aplica plástico)	●	⇒	□	D	▽		
12	Retira empaque / Cierra contenedor	○	⇒	□	D	▽		6m
13	Retira pallet	○	⇒	□	D	▽		
	TOTAL							38m

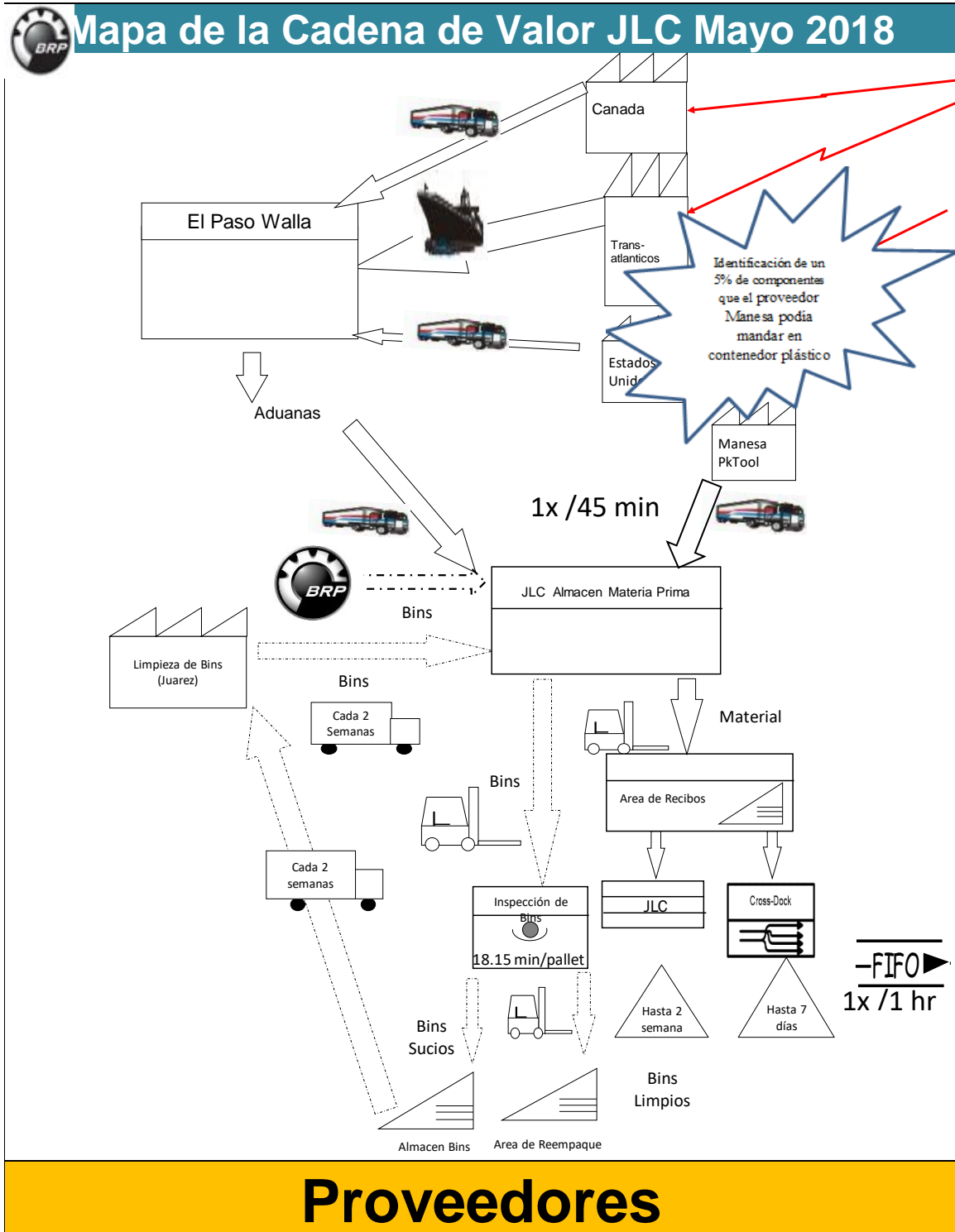
ANEXO 4 DIAGRAMA DE ESPAGUETI AREA RE-EMPAQUE ANTES



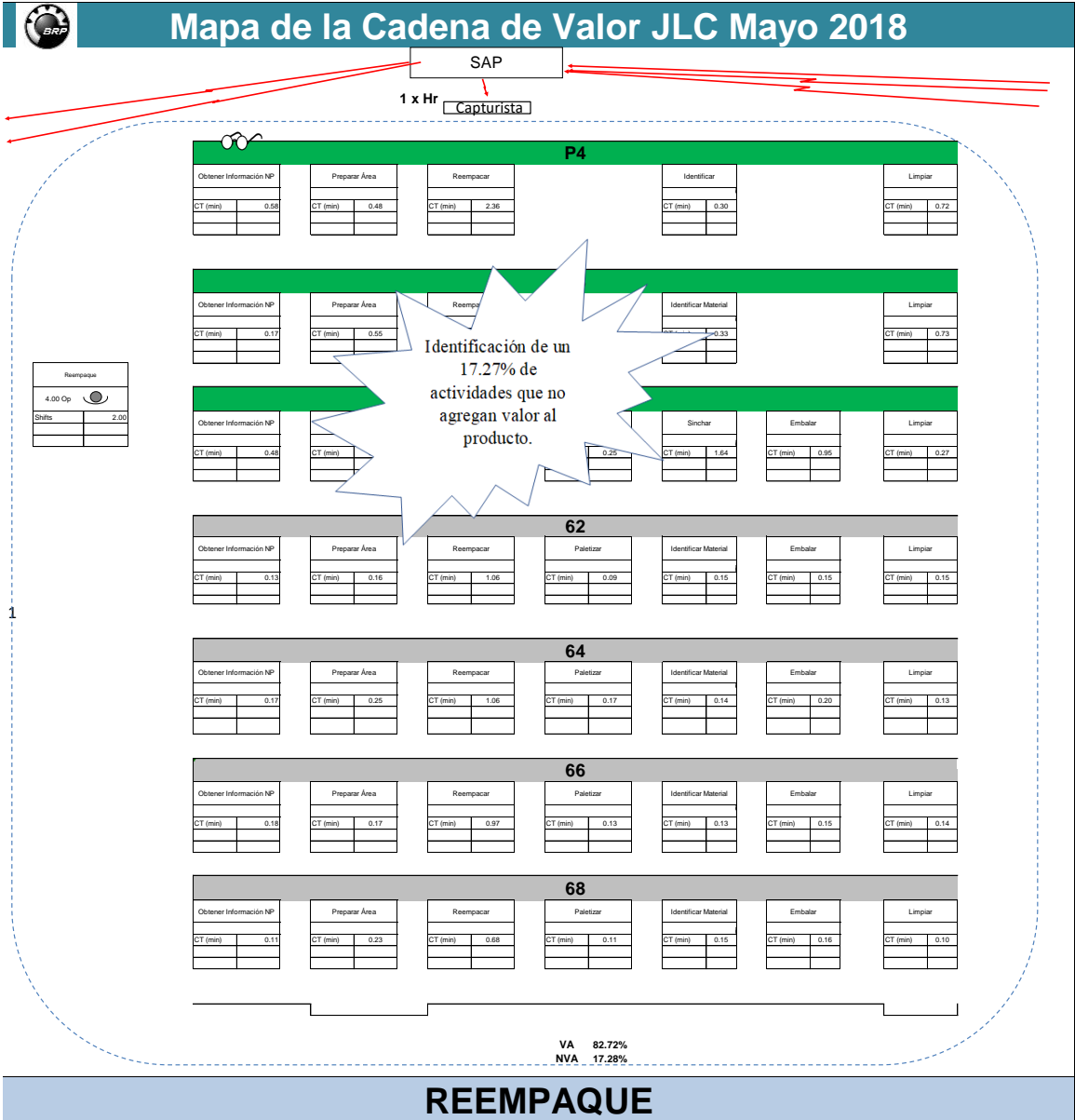
ANEXO 5 MAPA DE LA CADENA DEL VALOR JLC MAYO 2018



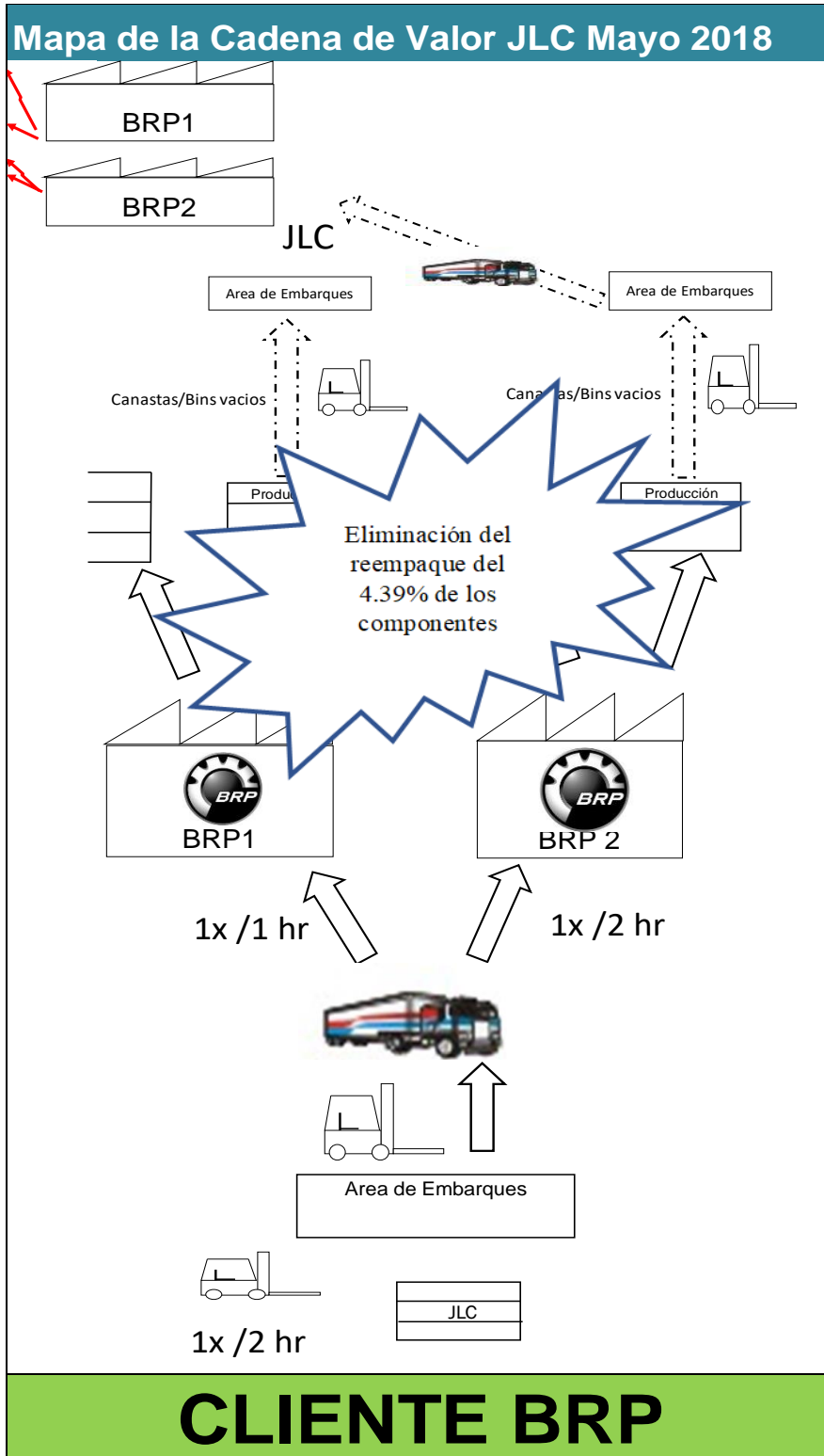
Anexo 5 continuación



Anexo 5 continuación



Anexo 5 continuación



ANEXO 6 HOJA PARA TOMA DE TIEMPOS

Numero de parte											Fecha				
Datos importantes											Bin/Canasta				
											Cant reemp				
											Tiempo				
	Descripcion	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Prom	NVA	Observaciones
1	Toma datos etiqueta											0			
2	Veifica tipo de empaque											0	0		
3												0			
4	Va por contenedores											0			
5												0			
6	Acomoda bin o canasta											0			
7												0			
8	Desempaca (Quita carton,etc)											0			
9	Retira desperdicios											0	0		
10	Re-empaca											0			
11												0			
12	Re-empaca											0			
13												0	0		
14	Quita empaque intermedio											0			
15												0			
16	Va por fleje											0			
17	Cincha											0			
18	Acomoda bin en pallet											0	0		
19	Aplica plastico											0	0		
20												0			
21	Coloca etiqueta individual											0			
22												0			
23	Coloca etiqueta de pallet											0	0		
24	Desarma contenedor											0			
25												0			
26	Retira empaque											0			
27												0			
28	Retira pallet											0	0		
	Total											0			

ANEXO 7 RESUMEN DE TOMA DE TIEMPOS

Resumen de toma de tiempos de Canastilla R4 (segundos)								
Número de Parte	Obtener NP	Preparar área	Reempacar	Flejar	Embalar	Identificar	Limpiar	Total
4354	23.7	32.5	233	127	50.6	15.6	24.2	506.6
4708	26.68	14.53	271.6	80.78	47.87	16.53	10.87	468.86
3992	28.87	16.83	279.4	111.6	68.91	10.32		515.93
3249	24.42	31.56	183.4	86.83	62.46	14.36	25.42	428.45
2424	17.81	8.676	196.9	119.2	59.75	14.6	14.83	431.766
3787	56.78		154.7	69.74	50.86	15.32	12.51	359.91
2156	33.7	6.38	304.9	95.52	51.21	15.18	12.59	519.48
2269	27		529	76.36	82.41	18.78		733.55
2993	20.98	17.95	303.3	117.3	37.73	14.19	12.95	524.4

Resumen de toma de tiempos de canastilla P4 y P3 (segundos)						
Número de Parte	Obtener NP	Preparar el área	Reempacar	Identificar	Limpiar	Total
9258	13	7.2	39.1	9.84	41.3	110.44
5282	49.62	18.82	104.4	13.12	51.32	237.28
785	28	22.31	70.41	11.54	90.05	222.31
2256	31.44	21.27	138.1	36.26	18.17	245.24
3371	35.39	45.61	241.1	19.57	51.89	393.56
1624	22.48	27.48	208.8	18.4	13.41	290.57
2083	120.4	78.87	58.2	19.19	63.01	339.67
3306	10.33	4.986	152.1	16.31	43.52	227.246
1920	12.35	48.35	155.1	14.6	30.48	260.88
1380	37.62	10.66	248.8	28.79	35.89	361.76
1534	23.28		142.7	12.73	33.09	211.8
4239	10.1	32.88	256.7	19.69	43.83	363.2

Anexo 7 Continuación

Resumen de toma de tiempos para bins (segundos)								
Número de Parte	Obtener NP	Preparar área	Reempacar	Paletizar	Identificar	Embalar	Limpiar	Total
2164	9.303	10.63	41.27		13.59	8.243	4.98	88.0
4564	3.984	6.362	80.55	4.98	5.054	3.924	0.843	105.7
2474	5.392	7.721	69.43	3.078	9.458	4.155	1.319	100.6
1839	4.521	4.055	25.08	5.04	8.598	5.593	6.048	58.9
5522	11.41	24.36	113.2	10.4	5.61	15.9	3.87	184.8
506	11.02	4.261	31.97		6.395	16.08	3.87	73.6
4721	7.064	8.9	85.04	4.921	12.9	10.69	3.349	132.9
2387	9.628	5.098	37.35	20.96	11.35	12	2.586	99.0
4734	16.06	32.43	53.68	11.02	18.68	21.83	30.09	183.8
3369	9.27	19.1	55.25	9.578	6.406	8.799	3.557	112.0
4795	2.48	2.808	43.1	1.213	5.304	4.536	0.213	59.7
4662	3.866	10.39	66.34		7.002	8.706	7.119	103.4
821	10.41	4.774	94.3	11.6	13.09	17.89	16.18	168.2
953	10	13.56	28.75	8.226	5.259	17.87	4.137	87.8
2528	6.987	19.25	83.85	11.03	5.356	5.279	2.919	134.7
4900	20.95	29.17	110.7	9.717	4.427	13.2	4.897	193.1
3354	5.025	3.889	47.02		5.637	5.818	13.4	80.8
1664	3.649	10.64	54.57	3.11	5.579	5.795	4.166	87.5
3439	13.73	13.23	56.82		20.56	12.57	7.014	123.9
1599	5.648	8.029	102.8	6.018	4.13	8.573	8.696	143.9
1836	2.856	2.59	49.12		4.891	4.995	1.389	65.8
2644	7.22	4.85	46.13	5.57	5.28	7.25	3.89	80.2
6188	38.97	20	67.03	16.72	8.287		8.88	159.9
2928	11.58	16.81	44.43		9.039	16.24	16.88	115.0
2638	9.226	4.564	23.21	3.986	12.62	8.498	6.748	68.9
5113	5.495	7.884	26.92		6.302	8.529	3.515	58.6
1529	4.471	13.15	47.04		7.811	8.003	0.783	81.3
4755	9.442	6.11	32.5	4.265	11.24	9.785	4.698	78.0
3399	7.149	3.116	34.87	9.529	11.32	10.32	4.56	80.9
637	8.727	3.639	81.83	9.182	11.83	12.18	6.287	133.7
2525	3.688	64.41	57.7		4.943	10.31	16.58	157.6
1864	5.618	6.035	21.69	6.844	6.379	9.683	4.077	60.3

ANEXO 8 HOJA DE EVALUACIÓN DEL EMPLEADO REBA

REBA Employee Assessment Worksheet

Task Name:

Date:

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

 Step 1a: Adjust...
 If neck is twisted: +1
 If neck is side bending: +1

Step 2: Locate Trunk Position

 Step 2a: Adjust...
 If trunk is twisted: +1
 If trunk is side bending: +1

Step 3: Legs

 Adjust: 30-60° (+1), 60-90° (+2), 90-120° (+3), 120-150° (+4)

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
 Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Step 5: Add Force/Load Score
 If load < 11 lbs.: +0
 If load 11 to 22 lbs.: +1
 If load > 22 lbs.: +2
 Adjust: if shock or rapid build up of force: add +1

Step 6: Score A, Find Row in Table C
 Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

Scoring
 1 = Negligible Risk
 2-3 = Low Risk. Change may be needed.
 4-7 = Medium Risk. Further investigate. Change soon.
 8-10 = High Risk. Investigate and implement Change
 11+ = Very High Risk. Implement Change

Scores

Table A		Neck														
		1				2				3						
		Legs														
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Trunk	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3
Posture	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	4	5	6	7
Score	3	2	4	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	7	8	9	9

Table B		Lower Arm					
		1			2		
		Wrist					
Upper Arm Score	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Score A	Table C											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	11	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position:

 Step 7a: Adjust...
 If shoulder is raised: +1
 If upper arm is abducted: +1
 If arm is supported or person is leaning: -1

Step 8: Locate Lower Arm Position:

Step 9: Locate Wrist Position:

 Step 9a: Adjust...
 If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B
 Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Step 11: Add Coupling Score
 Well fitting Handle and mid range power grip: **good: +0**
 Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part: **fair: +1**
 Hand hold not acceptable but possible: **poor: +2**
 No handles, awkward, unsafe with any body part, **Unacceptable: +3**

Step 12: Score B, Find Column In Table C
 Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Step 13: Activity Score
 +1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
 +1 Repeated small range actions (more than 4s per minute)
 +1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

www.ergo-plus.com | 765.984.4499

based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

ANEXO 9 TABLAS CON LOS PORCENTAJES DE LAS ACTIVIDADES QUE NO AGREGAN VALOR POR TIPO DE CONTENEDOR

Bin 62

Número de Parte	2164	4564	2474	1839	5522	506	4721	Media	Media (min)	NVA	% NVA
Obtener NP	9.303	3.984	5.392	4.521	11.41	11.02	7.064	7.5	0.15		
Preparar área	10.63	6.362	7.721	4.055	24.36	4.261	8.9	9.5	0.19	0.19	
Reempacar	41.27	80.55	69.43	25.08	113.2	31.97	85.04	63.8	1.25		
Paletizar		4.98	3.078	5.04	10.4		4.921	5.7	0.11		
Identificar	13.59	5.054	9.458	8.598	5.61	6.395	12.9	8.8	0.17		
Embalar	8.243	3.924	4.155	5.593	15.9	16.08	10.69	9.2	0.18		
Limpiar		0.843	1.319	6.048	3.87	3.87	3.349	3.2	0.06	0.06	
Total	83.036	105.697	100.553	58.935	184.75	73.596	132.864		2.11	0.2487521	11.7775493

Bin 64

Número de Parte	2387	4734	3369	4795	4662	821	953	2528	4900	Media	Media (min)	NVA	% NVA
Obtener NP	9.628	16.06	9.27	2.48	3.866	10.41	10	6.987	20.95	9.961	0.20		
Preparar área	5.098	32.43	19.1	2.808	10.39	4.774	13.56	19.25	29.17	15.18	0.30	0.30	
Reempacar	37.35	53.68	55.25	43.1	66.34	94.3	28.75	83.85	110.7	63.7	1.25		
Paletizar	20.96	11.02	9.578	1.213		11.6	8.226	11.03	9.717	10.42	0.20		
Identificar	11.35	18.68	6.406	5.304	7.002	13.09	5.259	5.356	4.427	8.542	0.17		
Embalar	12	21.83	8.799	4.536	8.706	17.89	17.87	5.279	13.2	12.23	0.24		
Limpiar	2.586	30.09	3.557	0.213	7.119	16.18	4.137	2.919	4.897	7.966	0.16	0.16	
Total	98.972	183.79	111.96	59.654	103.423	168.244	87.802	134.671	193.061	126.8	2.49	0.453764706	18.2447614

Bin 66

Número de Parte	3354	1664	3439	1599	1836	2644	6188	2928	Media	Media (min)	NVA	% NVA
Obtener NP	5.025	3.649	13.73	5.648	2.856	7.22	38.97	11.58	11.08475	0.22		
Preparar área	3.889	10.64	13.23	8.029	2.59	4.85	20	16.81	10.00475	0.20	0.20	
Reempacar	47.02	54.57	56.82	102.8	49.12	46.13	67.03	44.43	58.49	1.15		
Paletizar		3.11		6.018		5.57	16.72		7.8545	0.15		
Identificar	5.637	5.579	20.56	4.13	4.891	5.28	8.287	9.039	7.925375	0.16		
Embalar	5.818	5.795	12.57	8.573	4.995	7.25		16.24	8.748714	0.17		
Limpiar	13.4	4.166		8.696	1.389	3.89	8.88	16.88	8.185857	0.16	0.16	
Total	80.789	87.509	116.91	143.894	65.841	80.19	159.887	114.979	106.2499	2.08	0.35667857	17.1205916

Bin 68

Número de Parte	2638	5113	1529	4755	3399	637	2525	1864	Media	Med (min)	NVA	% NVA
Obtener NP	9.226	5.495	4.471	9.442	7.149	8.727	3.688	5.618	6.727	0.13		
Preparar área	4.564	7.884	13.15	6.11	3.116	3.639	64.41	6.035	13.6135	0.27	0.27	
Reempacar	23.21	26.92	47.04	32.5	34.87	81.83	57.7	21.69	40.72	0.80		
Paletizar	3.986			4.265	9.529	9.182		6.844	6.7612	0.13		
Identificar	12.62	6.302	7.811	11.24	11.32	11.83	4.943	6.379	9.055625	0.18		
Embalar	8.498	8.529	8.003	9.785	10.32	12.18	10.31	9.683	9.6635	0.19		
Limpiar	6.748	3.515	0.783	4.698		6.287	16.58	4.077	6.098286	0.12	0.12	
Total	68.852	58.645	81.258	78.04	76.304	133.675	157.631	60.326	89.34138	1.75	0.3865056	22.0634456

Anexo 9 Continuación

Tablas con los Porcentajes de las Actividades que no agregan valor por tipo de contenedor

Canastilla P4

Número de Parte	9258	5282	785	2256	3371	1624	2083	3306	1920	1380	1534	Media	Media (min)	NVA	% NVA
Obtener NP	13	49.62	28	31.44	35.39	22.48	120.4	10.33	12.35	37.62	23.28	34.9	0.68		
Preparar el área	7.2	18.82	22.31	21.27	45.61	27.48	78.87	4.986	48.35	10.66		28.6	0.56	0.56	
Reempacar	39.1	104.4	70.41	138.1	241.1	208.8	58.2	152.1	155.1	248.8	142.7	141.7	2.78		
Identificar	9.84	13.12	11.54	36.26	19.57	18.4	19.19	16.31	14.6	28.79	12.73	18.2	0.36		
Limpiar	41.3	51.32	90.05	18.17	51.89	13.41	63.01	43.52	30.48	35.89	33.09	42.9	0.84	0.84	
Total	110.44	237.28	222.31	245.24	393.56	290.57	339.67	227.246	260.88	361.76	211.8	258.6	5.07	1.40150018	27.6422176

Canastilla R4

Número de Parte	4354	4708	3992	3249	2424	3787	2156	2269	2993	Media	Media (min)	NVA	% NVA
Obtener NP	23.7	26.68	28.87	24.42	17.81	56.78	33.7	27	20.98	28.9	0.57		
Preparar el área	32.5	14.53	16.83	31.56	8.676		6.38		17.95	18.3	0.36	0.36	
Reempacar	233	271.6	279.4	183.4	196.9	154.7	304.9	529	303.3	272.9	5.35		
Flejar	127	80.78	111.6	86.83	119.2	69.74	95.52	76.36	117.3	98.3	1.93		
Embalar	50.6	47.87	68.91	62.46	59.75	50.86	51.21	82.41	37.73	56.9	1.12		
Identificar	15.6	16.53	10.32	14.36	14.6	15.32	15.18	18.78	14.19	15.0	0.29		
Limpiar	24.2	10.87		25.42	14.83	12.51	12.59		12.95	16.2	0.32	0.32	
Total	506.6	468.86	515.93	428.45	431.766	359.91	519.48	733.55	524.4	498.8	9.78	0.67729972	6.92546917

Canastilla P3

Número de Parte	4239	Media (min)	NVA	% NVA
Obtener NP	10.1	0.17		
Preparar el área	32.88	0.55	0.55	
Reempacar	256.7	4.28		
Identificar	19.69	0.33		
Limpiar	43.83	0.73	0.73	
Total	363.2	6.05	1.2785	21.1205947

ANEXO 10 COMPONENTES IDENTIFICADOS PARA CAMBIO DE EMPAQUE DEL PROVEEDOR

Número de parte	BRP SAT		Proveed		Combinacion de mejor empaque y mejor cantidad	
	box	qty	box	qty	Bin/Canastilla	Mejor cantidad
705007958	62	500	82	500	62	500
705205441	62	200	82	170	62	200
705206059	64	50	86	80	64	80
705206062	64	50	86	80	64	80
705206210	64	42	86	90	64	90
705206307	62	192	82	100	62	192
705206563	66	30	86	28	66	30
705206757	62	392	84	500	62	500
705206818	64	24	86	50	64	50
705206834	64	24	86	50	64	50
705206877	68	18	-	-	68	18
705206955	68	40	84	40	64	40
705206956	68	40	84	40	64	40
705207046	68	180	84	100	64	180
705207047	68	180	84	100	64	180
705207183	62	200	82	190	62	200
705207433	64	72	-	-	64	72
705207434	64	72	-	-	64	72
705601644	64	72	84	48	64	72
706203326	64	176	84	150	64	176
707602041	68	12	86	12	66	12
707602140	62	81	-	-	62	81
707602138	62	146	-	-	62	146
707602417	P4	12	-	-	P4	12
707602532	68	108	86	60	66	108
707800771	P4	12	P4	48	P4	48
708002445	66	27	66	25	66	27
708002449	66	60	66	40	66	60
709000935	62	80	62	84	62	84
709000955	P4	32	-	-	P4	32
709402187	66	56	-	-	66	56
710006055	68	36	-	-	68	36

ANEXO 11 COMPONENTES IDENTIFICADOS POR PLANTA PARA ELIMINAR DE RE-EMPAQUE

Planta 1

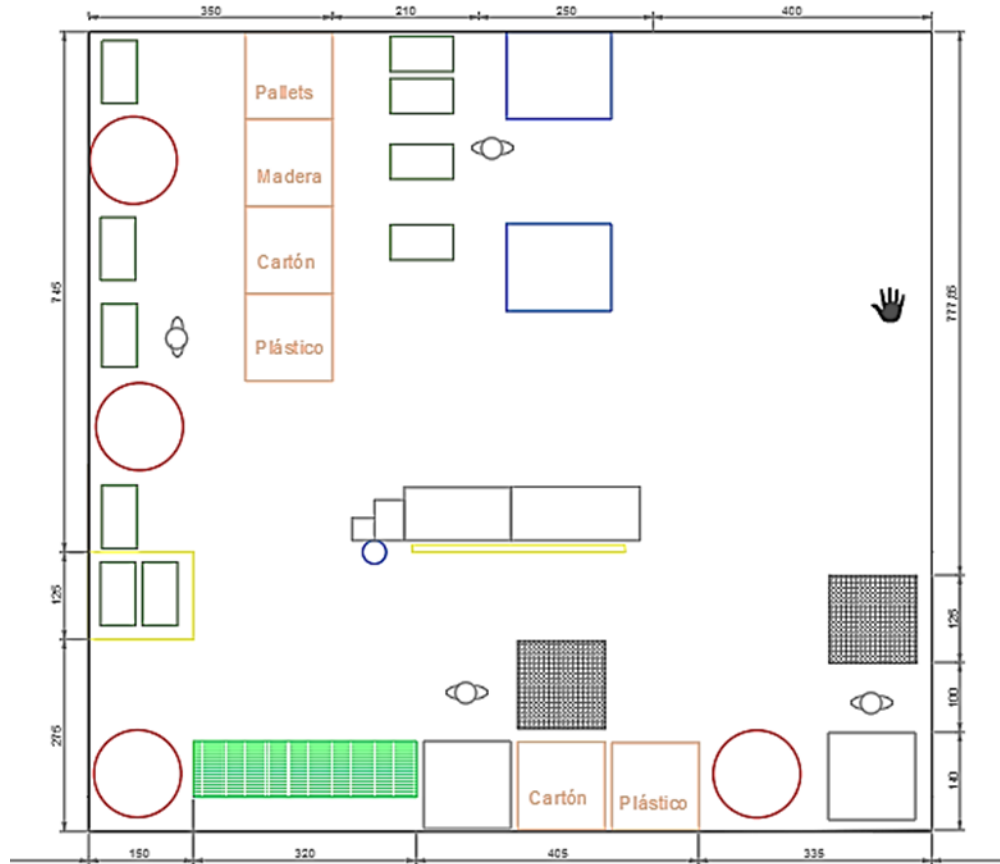
No. Parte	SAP		Propuesto		Observaciones
	Contenedor	Cantidad	Contenedor	Cantidad	
705600815	62	300	82	300	Se elimina empaque usar caja A2
706002258	62	42	82	42	Se elimina empaque usar caja A2
706002259	62	48	82	48	Se elimina empaque usar caja A2
250400021	62	42 (400)	82	400	Se elimina empaque usar caja A4
250400022	62	1000	82	1000	Se elimina empaque usar caja A0
270000141	62	500	82	500	Se elimina reempaque y queda caja 82
710005164	66	50	86	50	Se elimina reempaque y queda caja 86
707001959	62	200	82	200	
293730015	62	5000	6.75*14*5	40000	Eliminar parametro de Reemp. Sección VA/Caja peq.
704906851	62	100	82	400	Eliminar parametro de Reemp. Sección VA/Caja peq.
706000567	93	1260	82	60	
707600317	62	400	82	400	Compartido con JRZ 2
709000125	62	180	82	180	
709400449	62	130	82	130	
709401839	62	16	62	24	Reempacar pero aumentar pzas
705601250	64	150	11.5*15*6.5	250	Se elimina reempaque se establece caja A6
705601251	64	100	11.5*15*6.6	250	Se elimina reempaque se establece caja A6
710001248	66	200	84	100	
710002964	66	50	86	50	Compartido con JRZ 2
705004819	66	10	86	10	
707001280	66	15	86	15	Se elimina reempaque y queda caja 86
705007280	68	10	88	10	Se elimina reempaque y queda caja 86
705010325	68	10	88	10	
705202638	68	6	88	6	
707900178	68	18	88	18	

Anexo 11 Continuación

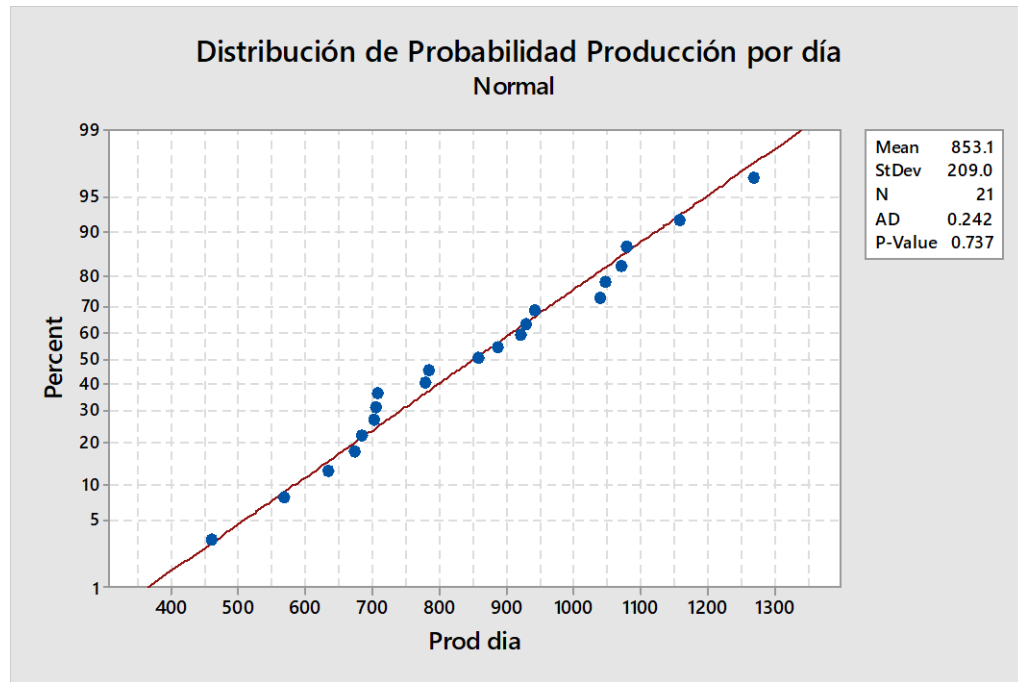
Componentes identificados en Planta 2 para eliminar re-empaque

Material	Estaciones Pta 2	Cont orig JLC	Empacados JLC	Empaque JLC SAP	Cantidad JLC SAP	Como se encontro en estación	Acción
270000141	2SDA-01A	82	44	62	500	Obsoleto	Cual lo sustituye? Requiere reemp?
293730015	2SPA-17	82	280	90	5000	Caja 4.25*3.25*3" con 5000	Eliminar reempaque. Innecesario
	2SPA-18						
707600317	2SEN-02A	82	115	62	400	62/400 Kan/Emp	Confirmar empaque y eliminar
710001781	2SDA-04		0	64	204	Caja 6*4.5*4.5" con 34 pza	Eliminar reempaque. Innecesario
710002052	2SDA-04	82,84,91	158	62	50	62/50	Eliminar reempaque. Innecesario
	2SDA-06						
	2SDA-07						
710002053	2SDA-04	82,84,86	133	62	50	62/50	Eliminar reempaque. Innecesario
705011629	2SL1-11		0	62	90	Manesa 62/90 (E/K)	Eliminar reempaque. Manesa
	2SL1-15						
	2SL1-16						
705601336	2SBR-02		0	82	560	Obsoleto sust 705601723	Obsoleto
706201590	2SRS-04	82,84	233	90	100	Emp 62/100 Ok Kan 62/30	Confirmar empaque y eliminar
706202538	2SFS-06	82,95	198	A6	12	62/12 (K/E)	A6? Confirmar empaque y eliminar
706600237	2SEN-06		0	62	120	Manesa 62/120 (E/K)	Eliminar reempaque. Manesa
708000891	2SSE-03	82	9	62	2400	62/2400	Confirmar empaque y eliminar
	2SSE-04						
710002076	2SDA-07	84	5	62	60	62/60	Eliminar reempaque. Innecesario
710004492	2SDA-04		0	82	60	Caja Carling 34	Eliminar reempaque. Innecesario
	2SDA-07						
710004814	2SDA-04		0	82	60	Caja Carling 34 Kan 62/34	Eliminar reempaque. Innecesario
	2SDA-05						
	2SDA-06						
705601250	2SBR-01		0	64	150	64/150	Cual es el empaque original?
	2SBR-02						
710001248	2SDA-07	84	168	64	150	Emp 64/100 Kan 66/200	Confirmar empaque y eliminar
	2SL2-42						
	2SL2-54						
710004791	2SFB-01	84	84	64	32	64/32	Cual es el empaque original?
	2SRA-02						
710004822	2SFB-02	84,88	449	84	12	64/12 (E/K)	Confirmar empaque y eliminar
703100702	2SL2-51	84	891	91	324	Emp 64/18 Kan 64/16	Permanece re-empaque
	2SL2-52						
706203152	2SFS-03		0	64	92	Manesa 64/92	Eliminar reempaque. Manesa
	2SL1-21						
	2SL1-22						
707602026	2SSA-01		0	64	240		Eliminar reempaque. Manesa
710002964	2SFB-01	86,92	242	66	50	66/50	Confirmar empaque y eliminar
	2SRB-01						
710003239	2SDA-01	86,84	97	66	80	66/80	Confirmar empaque y eliminar
	2SDA-01A						
706202539	2SFS-07	82	41	A6	12	62/12 (E/K)	Confirmar empaque y eliminar
708000848	2SSE-01	95,88	340	OD	500	66/15	Permanece re-empaque
	2SSE-01A						
708002001	2SSE-01	95	42	OD	500	66/12	Permanece re-empaque
708002711	2SSE-01A	95	92	95	368	Emp 66/15 Kan 66/11	Permanece re-empaque
	2SSE-02						
710002055	2SCC-02	86	4	66	150	66/200	Confirmar empaque y eliminar
	2SRB-01A						
293750033	2SPA-03	68	0	88	150	Caja 18*13*7 (A6) con 150	Eliminar reempaque y sustituir A6
705800060	2SFE-02		0	92	120	Manesa 68/6 (E/K)	Eliminar reempaque. Manesa
710004532	2SDA-07		0	82	80	Caja carling 34. Kan 82/34	Eliminar reempaque. Innecesario

ANEXO 12 PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE ÁREA



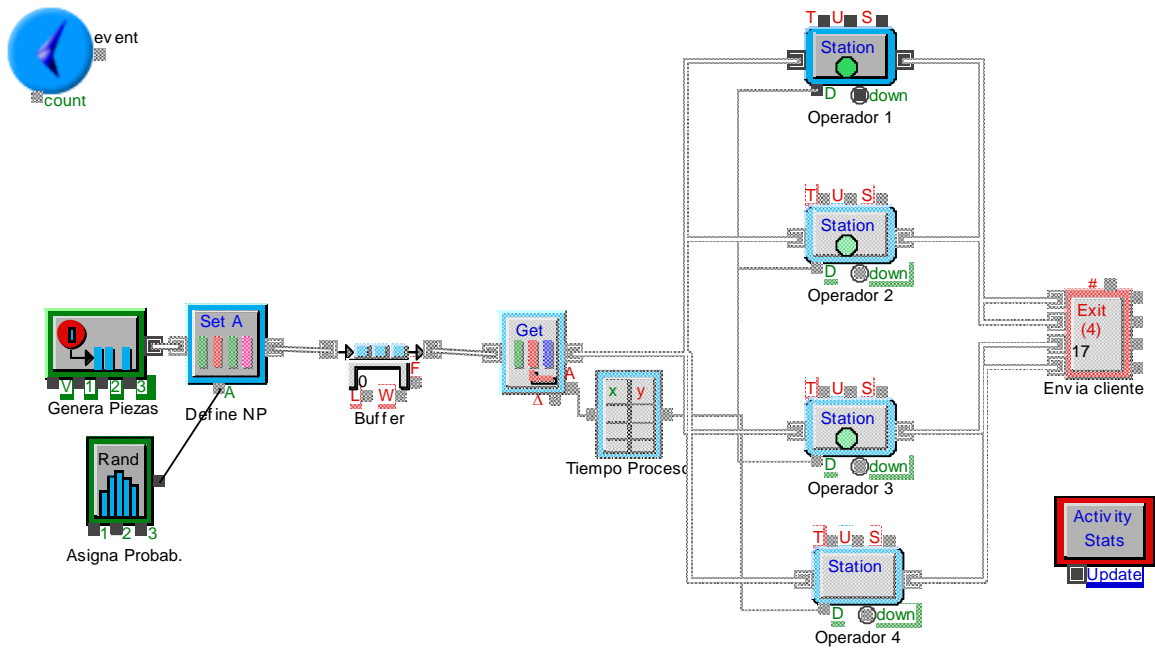
ANEXO 13 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PRODUCCIÓN POR DÍA



Prod/día (Feb 2018)	
568.42	929.44
634.75	1268.23
461.79	888.50
684.25	1072.31
673.62	1157.23
706.06	785.86
859.27	780.40
1049.00	1039.57
709.15	942.71
704.38	920.63
1079.54	

ANEXO 14 MODELO DE SIMULACIÓN ÁREA DE RE-EMPAQUE ACTUAL

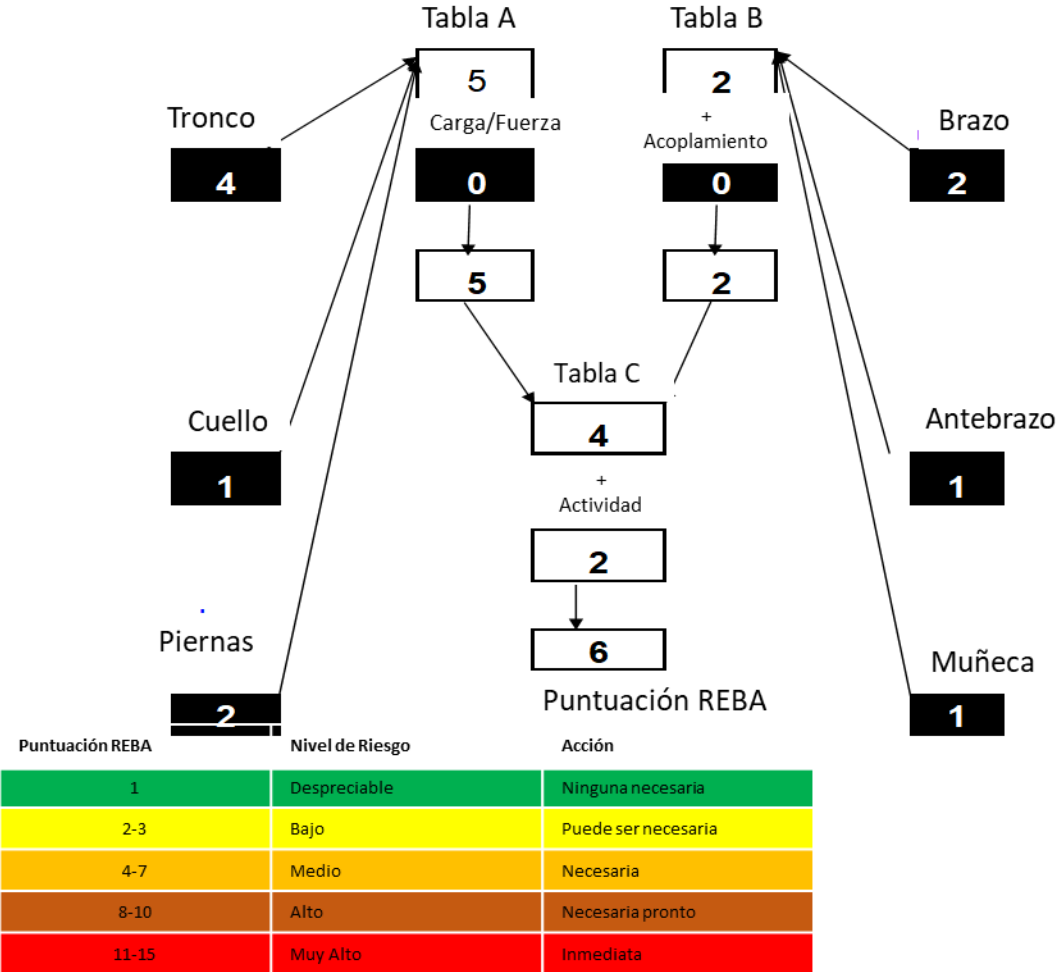
Modelo de Simulación De Área de Reempaque (Actual)



ANEXO 15 HOJA DE EVALUACIÓN REBA POSTURAS ANTES Y DESPUÉS

Evaluación Postura Antes

REBA Hoja de Evaluación

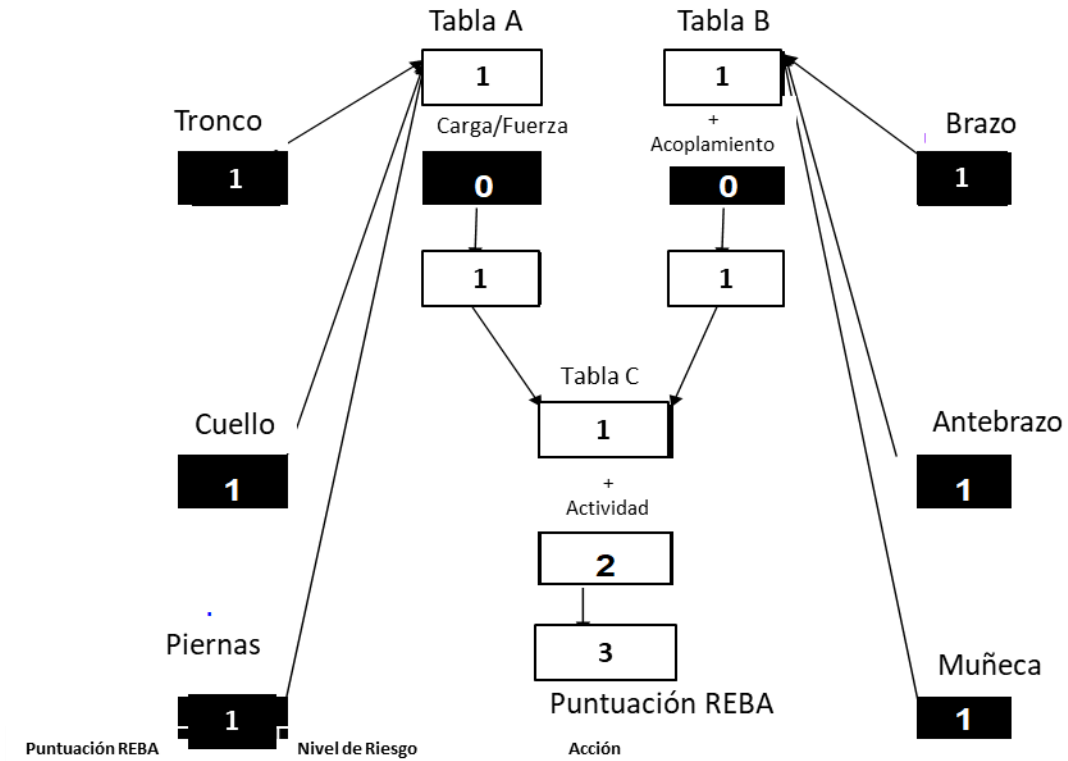


Sujeto Manuel
 Tarea Reempaque
 Registra Elba
 Fecha 1/5/2018

Anexo 15 Continuación

Evaluación Postura Después

REBA Hoja de Evaluación



Puntuación REBA	Nivel de Riesgo	Acción
1	Despreciable	Ninguna necesaria
2-3	Bajo	Puede ser necesaria
4-7	Medio	Necesaria
8-10	Alto	Necesaria pronto
11-15	Muy Alto	Inmediata

Sujeto Luis
Tarea Reempaque
Registra Elba
Fecha 21/5/2018