

Abastecimiento de materiales bajo conceptos de manufactura



**Universidad Autónoma de Querétaro**  
Facultad de Contaduría y Administración  
Maestría en Administración

Abastecimiento de materiales bajo conceptos de manufactura de clase mundial

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de  
Maestro en Administración

Presenta

Martín Camarena Tamayo

Dirección General de Bibliotecas UAQ

# Abastecimiento de materiales bajo conceptos de manufactura



**Universidad Autónoma de Querétaro**  
Facultad de Contaduría y Administración  
Maestría en Administración

## ABASTECIMIENTO DE MATERIALES BAJO CONCEPTOS DE MANUFACTURA DE CLASE MUNDIAL

### TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de  
Maestro en Administración

#### Presenta:

Martin Camarena Tamayo

#### Dirigido por:

Dra. Josefina Morgan

#### SINODALES

Dra. Josefina Morgan Beltrán  
Presidente

Mtra. Ma. Elena Diaz Calzada  
Secretario

Dra. Elia Socorro Diaz Nieto  
Vocal

Dr. Martín Vivanco Vargas  
Suplente

Dr. León Martín Cabello Cervantes  
Suplente

Centro Universitario  
Santiago de Querétaro  
Septiembre / 2019  
**México**

## RESUMEN

En medio de crisis económicas que actualmente se viven, y la alta competitividad que exigen los nuevos mercados, varias de las empresas han tenido que apresurar el paso para adecuarse a las exigencias que demandan el mercado global. De tal manera, que las empresas deben de considerar el enfoque de la manufactura de clase mundial. La organización productiva es la estructura técnica de las relaciones que deben existir entre las funciones, niveles y actividades de los elementos humanos y materiales de un organismo, con el fin de lograr su mayor eficiencia durante los procesos de transformación del producto. Para lograr una competitividad de clase mundial, las compañías de manufactura ahora requieren de políticas, prácticas, métodos y sistemas que eliminen los desperdicios de los procesos de transformación del producto y logren crear valor para el cliente, donde el concepto de valor es percibido por los clientes como una combinación de costo, calidad, nivel de servicio, tiempo de entrega, entre otros. Ser una compañía de clase mundial significa que la compañía puede competir con éxito y lograr utilidades en un ambiente de competencia mundial en momento presente y futuro. La presente investigación tiene como objetivo describir de manera detallada el proceso de implementación de correctos métodos logísticos de abastecimiento bajo los estándares de una manufactura de clase mundial. La tesis es un caso práctico en donde se detalla la metodología logística en 5 pasos de implementación, en donde se ve métodos y herramientas a utilizar para atacar los desperdicios que se generan durante un abastecimiento no adecuado a lo largo de la cadena de suministros, logrando con ello la optimización de los costos logísticos de la organización y con ello incrementar la rentabilidad de la empresa.

**(Palabras clave: Métodos de surtimiento, Justo a Tiempo, Picking)**



## Summary

In the midst of current economic crises and the high competitiveness demanded by new markets, several companies have had to fasten the pace in order to adapt to the demands of the global market. As a consequence, companies must consider the world-class manufacturing approach. The productive organization is the technical structure of the relationships that must exist among functions, levels and activities of the human and material elements of an organization, in order to achieve a greater efficiency during the processes of product transformation. To achieve world-class competitiveness, manufacturing companies now require policies, practices, methods and systems that eliminate waste from product transformation processes and create value for the customer, where the concept of value is perceived by customers as a combination of cost, quality, level of service, delivery time, among others. Being a world-class company means that the company can successfully compete and make profits in a global competitive environment now and in the future. The aim of this study is at describing in detail the process of implementing correct logistical supply methods under the standards of world-class manufacturing. The thesis is a practical case in which the logistics methodology is detailed in 5 implementation steps, where methods and tools are seen to be used to fight the waste generated during an inadequate supply along the supply chain, thereby achieving the optimization of logistics costs of the organization and increasing the profitability of the company.

**(Key words:** Supplying methods, Just in Time, Picking)



## **DEDICATORIAS**

Este escrito de tesis es para mí una acumulación de conocimientos de vanguardia expresados en buenas prácticas de la industria moderna mostrando evidencia gráfica de que aplicando los conceptos manifestados en este escrito podemos suavizar los flujos de la producción obteniendo así un control en el abastecimiento de los materiales.

También quiero dedicar este escrito aquí plasmado a todas las nuevas generaciones de ingenieros y profesionistas como un documento que inspire el interés en la logística de abastecimiento de los materiales.

Dirección General de Bibliotecas UNQ

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco enormemente a las personas que me motivaron para cursar una maestría como parte del enriquecimiento del conocimiento y a su vez a las personas que me ayudaron a plasmar el conocimiento adquirido en esta Tesis.

Agradezco también, a mi directora de Tesis, Josefina Morgan y a la compañía para la que laboro, CNH de México.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

**ÍNDICE**

	<b>Página</b>
<b>Resumen</b>	i
<b>Summary</b>	ii
<b>Dedicatorias</b>	iii
<b>Agradecimientos</b>	iv
<b>Índice</b>	v
<b>Índice de tablas</b>	viii
<b>Índice de figuras</b>	ix
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	4
2.1. CADENA DE SUMINISTRO	4
2.1.1 Control de inventarios	4
2.1.2. Planeación de los requerimientos de materiales (MRP)	7
2.2 SISTEMAS JUSTO A TIEMPO	11
2.2.1 5S	11
2.2.2 Sistemas de surtimiento justo a tiempo	15
2.3 METODOLOGÍA WCM	21
2.3.1 Pilar de logística y servicio al cliente	23
2.3.2 Los Principios Fundamentales de Logística	24
2.3.2 Pasos del pilar de logística	27

2.4 DESARROLLO DEL PROBLEMA	34
2.4.1 Antecedentes-situación inicial del área	34
2.4.2 Desarrollo del paso 1: Re-ingeniería de las líneas para satisfacer al cliente	51
2.4.3 Desarrollo del paso 2: Reingeniería de la logística interna	56
2.4.4 Desarrollo del paso 3: Reorganización de la logística externa	67
2.4.5 Desarrollo del paso 4: nivelación de la producción	77
2.4.6 Desarrollo del paso 5: perfeccionar la logística interna y externa	79
<b>3. METODOLOGÍA</b>	87
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	87
3.2. JUSTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	89
3.3. OBJETIVOS	90
3.3.1. Objetivo General	90
3.3.2. Objetivo Específicos	90
3.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES	91
3.5. HIPÓTESIS:	91
3.6. JUSTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES	92
3.7. METODOLOGÍA	92
3.8. HERRAMIENTAS	93
<b>4. RESULTADOS</b>	94
4.1. ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN	94
4.2 RESULTADOS PASO 1	94
4.3 RESULTADOS PASO 2	96



4.4 RESULTADOS PASO 3	98
4.5 RESULTADOS PASO 5	99
<b>CONCLUSIONES</b>	103
<b>REFERENCIAS</b>	105
<b>ANEXO</b>	115

Dirección General de Bibliotecas UAQ

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla</b>		<b>Página</b>
2.1	Demanda y selección de familia	46
2.2	Indicadores al cierre del paso 1	55
2.3	Indicadores al cierre del paso 2	66
2.4	Indicadores al cierre del paso 3	75
4.1	Indicadores al cierre del paso 1	95
4.2	Indicadores al cierre del paso 2	96
4.3	Indicadores al cierre del paso 3	97

Dirección General de Bibliotecas UAQ

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
2.1	Lógica del procesamiento de un MRP	8
2.2	Procesamiento de un MRP	9
2.3	Etapas de las 5's	13
2.4	Beneficios de las 5's	15
2.5	Tarjeta Kan-ban	16
2.6	Circulación de tarjetas Kan-ban	18
2.7	Las 3 áreas fundamentales de la logística	23
2.8	Principios guía de la logística	24
2.9	Los 7 pasos de la ruta de implementación de la logística	27
2.10	Matriz de clasificación de materiales	28
2.11	Tipos de layout logísticos	29
2.12	Características de los diferentes Layouts y layout en U de un área de picking	30
2.13	Logística de transporte	32
2.14	Matriz de costos	34
2.15	Proceso PDCA	35
2.16	Análisis de NVAA por área	36
2.17	Detalle del NVAA en área de ensamble	37
2.18	Sub análisis de administración de materiales en área de ensamble	37
2.19	Road map de proyecto	39

2.20	Situación inicial del área de ensamble	40
2.21	Matriz de materiales del área de ensamble	41
2.22	Matriz ABC de definición de método de surtimiento	42
2.23	Grafico inicial de clasificación de materiales	43
2.24	Layout del área del proyecto	44
2.25	VSM inicial-proceso completo de planta	45
2.26	Material removido después de 5´	48
2.27	Identificación visual de lugar asignado para carros de abastecimiento de Material	49
2.28	Estandarización de los materiales	50
2.29	Materiales innecesarios en las estaciones de trabajo	52
2.30	Diagrama de espagueti de los de los surtidores hacia la línea de ensamble	53
2.31	Matriz de materiales al final del paso 1	53
2.32	Matriz de materiales al final del paso 1	54
2.33	Estándares de información	56
2.34	Implementación de los estándares de información	57
2.35	Las 5t´s implementadas en el área de ensamble	58
2.36	Aplicación de lote serie en el MRP de planta	59
2.37	Evolución de los métodos de surtimiento hasta paso 2	60
2.38	Optimización en el surtimiento de tanques	61
2.39	Optimización en el surtimiento de radiadores	62
2.40	Mapa de bulky ítems en la línea de ensamble	63

2.41	Materiales en los que se eliminó el uso de polipasto	64
2.42	Rebalanceo de actividades de surtidores, mano de obra indirecta	65
2.43	Relación de proveeduría “nivel de inventario-cantidad de números de parte – región	67
2.44	Proveduría en relación de distancia localizada cantidad de números de parte	68
2.45	Capacidad de utilización de los contenedores	70
2.46	Estándares de empaque desarrollados	72
2.47	Estándares de empaque desarrollados a productos del alto costo	72
2.48	Proyecto PDCA de cofres-estandarización de empaques	74
2.49	Gráfico de proyección de números de parte a estandarizar empaque	75
2.50	Flujo de programa de producción D+5	78
2.51	Implementación de Golden Zone con conceptos logísticos en válvulas	79
2.52	Surtimiento de materiales de alto costo	80
2.53	Surtimiento de materiales de alto costo	81
2.54	Análisis de bulky ítem radiador en el paso 5	82
2.55	Eliminación de polipastos en la operación de ensamble	83
2.56	Elementos de una zona de kitting	83

2.57	Evolución de la forma de surtimiento en los almacenes	84
2.58	VSM al final del proyecto	85
4.1	Análisis de NVAA por área	93
4.2	Matriz de materiales al final del paso 1	94
4.3	Evolución de los métodos de surtimiento hasta paso 2	96
4.4	VSM inicial-proceso completo de planta	99
4.5	VSM al final del proyecto	100
4.6	Matriz de costos	100
4.7	Análisis de NVAA por área al final del proyecto	101

Dirección General de Bibliotecas UAQ

## 1. INTRODUCCIÓN

CNH Industrial es una compañía del área metal mecánica dedicada a la manufactura de partes y ensamble de tractores agrícolas para el consumo nacional y de exportación a más de 50 países otorgando una gama de tractores que cubren las necesidades del campo.

Actualmente se fabrican 2 marcas principales divididos en 7 familias con 48 modelos básicos ampliando estos con 271 versiones. Para garantizar la fabricación se cuenta con más de 9,000 números de parte ligando a la cadena de suministro a más de 400 proveedores.

La producción anualizada es de más de 5000 unidades, generando trabajos directos a 400 personas entre administrativos y mano obra directa.

Se cuenta con diversos procesos de manufactura, los cuales generan el 53 % de los componentes del tractor, las diferentes áreas de manufactura se dividen en:

- 2 principales áreas de ensamble (ensamble chasis & ensamble principal)
- Soldadura (manual y robotizada)
- Maquinados generales
- Maquinados mayores
- Estampados

CNH Industrial está situada en una superficie de 218,000 metros cuadrados con un área cubierta de 66,000 metros cuadrados para la transformación, ensamble y áreas de almacenaje. La empresa es una sociedad anónima de capital variable formada por dos capitales:

- Grupo QUIMCO de capital nacional

- Grupo CNH de capital extranjero (sub-división del Grupo FIAT)

Bajo la necesidad de seguir a la vanguardia del negocio con los más altos índices de calidad y costo. La empresa está en un proceso de mejora continua, en el que se busca alcanzar niveles de manufactura de clase mundial. Mediante un cambio total de las formas de administración del área industrial, todas enfocadas a la reducción del desperdicio (operaciones que no agregan valor al producto).

El grupo FIAT ha solicitado la implementación de un proceso de Manufactura de clase mundial (World Class Manufacturing), el cual está diseñado bajo conceptos de las mejores prácticas de la compañía TOYOTA. Este proceso de mejora contempla 10 pilares que soportan la estructura de WCM los cuales son:

- 1.-Pilar de desarrollo de personal
- 2.- Pilar de seguridad
- 3.- Pilar de organización del área del trabajo
- 4.- Pilar de actividades autónomas
- 5.- Pilar de mantenimiento profesional
- 6.- Pilar de calidad
- 7.- Pilar de logística y servicio al cliente
- 8.- Pilar de administración temprana de equipos
- 9.- Pilar del medio ambiente
- 10.- Pilar de mejora enfocada



El pilar de logística es el que se encarga de la administración y control de la cadena de suministros garantizando el abastecimiento oportuno de los materiales, así como la forma de suministrarlos a las líneas de ensamble bajo técnicas de manufactura de clase mundial al costo más bajo. Por medio de este pilar se busca alcanzar los objetivos planteados en este trabajo de tesis.

El Objetivo fue establecer el surtimiento de los materiales utilizando métodos de manufactura de clase mundial “justo a tiempo” en un área de ensamble, aplicando la metodología de los 7 pasos del pilar de logística, y con ello se busca

1. Reducir el inventario en ensamble en las estaciones de trabajo
2. Diversificar las partes por tipo y forma adecuada de surtimiento con el sistema “justo a tiempo”
3. Eliminación de surtimiento por patrullaje

## 2. MARCO TEÓRICO

El marco teórico de la investigación se cubre con el análisis de las teorías y constructos que existen sobre los temas de Cadena de Suministro, Administración de Inventarios, sistemas productivos de Manufactura de clase mundial como el justo a tiempo, 5s's, metodología WCM entre otros para analizar las bases de lo que existe y proponer algunas mejoras en la aplicación de requerimientos actuales de mercado competitivo derivado de la globalización.

### 2.1. Cadena de suministro

#### 2.1.1. Control de inventarios

El autor Chopra (2008), mencionan que los inventarios son bienes tangibles de partes que se consumen en los procesos productivos para ser transformados y posteriormente puestos para su comercialización de ahí la importancia de controlar las existencias y valores de estos. Se menciona que el inventario forma una parte importante en los estados de resultados y es por lo regular un activo de los más altos en el estado de resultados, toda empresa dedicada a la compra y venta de partes está obligada a tener un control derivando algunas cuentas contables para su control las cuales son:

- Inventario inicial
- Compras
- Devoluciones sobre compras
- Gastos de compra
- Ventas
- Devoluciones sobre ventas

- Mercancías en tránsito
- Mercancías en consignación
- Inventario final

Existen varios tipos de inventarios y cada uno de ellos tiene su manera de administrarse a continuación listaremos algunos de ellos:

Inventario perpetuo.- aquí se llevan los importes en unidades monetarias y cantidades físicas, dentro de intervalos cortos se toman valores de inventario en las diferentes áreas de almacenes y estos se ajustan al valor encontrado, este sistema ofrece un buen control del inventario porque los registros siempre están actualizados.

Inventario intermitente.- este se efectúa varias veces al año, este se aplica cuando no se puede reflejar en la contabilidad del inventario contable permanente al que se trata de suplir en parte.

Inventario físico.- es el que lleva a cabo contando y pesando físicamente la existencia real y llevando un control individual de cada una de las partes en existencia.

Inventario inicial.- es el que se realiza al iniciar la operación

Inventario final.- es el que se realiza al termino de cierre del ejercicio económico y sirve para determinar la nueva situación patrimonio en ese sentido.

Inventario en proceso.- son mercancías que se transforman y se complementan con el costo de mano de obra, otros materiales y costos indirectos.

Chopra et al. (2008), mencionan que sobre la cadena de suministro la importancia de entender el rol del ciclo de los inventarios y que este existe porque la producción o las compras en lotes grandes permiten en la cadena de suministro explotar las economías de

escala y en consecuencia tener bajos costos, aunque el costo fijo asociado con el ordenamiento y el transporte sea alto, el descuento en los precios por la compra de lotes grandes compensa lo anterior y esta es una oportunidad para reducir los ciclos del inventario.

Se cita su ejemplo para entender mejor el rol del ciclo de inventario en el supuesto de que una compañía de computadoras vende cuatro impresoras por día y su almacén tienen ordenamientos de 80 impresoras lo que significa que en promedio se toman 20 días antes de terminar de vender el lote y solicitar un nuevo lote de remplazo, el ciclo de inventario es el promedio del inventario en la cadena de suministro determinado la producción o compras por lotes que son más grandes que la demanda del cliente.

Dentro del control de inventarios se consideran las compras bajo lote económico, para ello estableceremos un ejemplo, supongamos que:

La demanda de la tienda de computadoras es 1000 unidades por mes y esta compañía incurre en costos de tener órdenes fijas, transportación y recibo por \$4,000 pesos cada vez que coloca una orden, el costo de venta es de \$500 pesos y el costo de mantener es del 20%. Evaluar el número de computadoras que el gerente debería ordenar en cada lote de remplazo.

Demanda anual (D)=1000X12 MESES =12,000 unidades

Costo de ordenamiento por lote(S)=\$4,000

Costo unitario por computadora(C)=\$5,00

Costo por año como fracción del inventario (H) =0.2

Usando la fórmula cantidad óptima (Q):

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{HC}} = \sqrt{\frac{2(12000)(4000)}{(0.2)(500)}} = 979.80$$

De lo anterior se puede decir que para minimizar el costo, el gerente tiene que ordenar lotes de 980 unidades. Por otra parte se menciona que el inventario de ciclo; es el promedio del inventario resultante es decir:

$$\text{Inventario de ciclo} = \text{Tamaño del lote (Q)} / 2 = Q/2 = 980/2 = 490$$

Se puede decir que:

$$\text{El número de órdenes o pedidos por año es} = D/Q = 12,000/980 = 12.24$$

$$\text{El costo anual de mantener y ordenar es} = (D/Q) S + (Q/2) hC = \$97,980$$

Por otra parte Chopra et al (2008), menciona que el tiempo de flujo promedio del inventario de ciclo = inventario promedio / tasa de flujo promedio, pero la tasa de flujo promedio es igual a la demanda por lo tanto el tiempo de flujo promedio del inventario de ciclo es =  $Q/2D$ . Para el ejercicio actual =  $490/24,000 = 0.041$  año o 0.49 meses. Esto quiere decir que cada computadora estará en promedio 0.49 meses en stock antes de ser vendida.

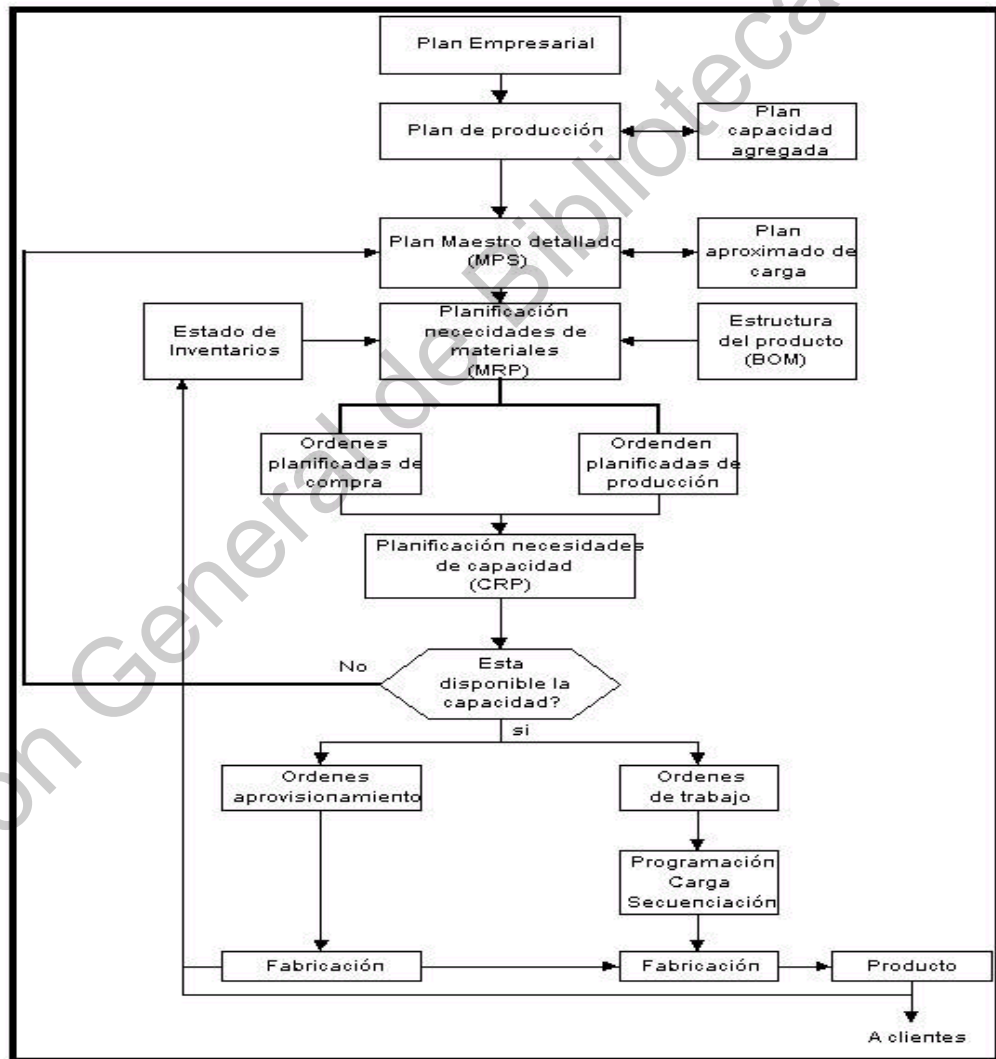
### **2.1.2. Planeación de los requerimientos de materiales (MRP)**

De acuerdo a Ramon Companys Pascual (1999) la referencia del MRP corresponde a las siglas inglesas que en traducción sería la planificación de los materiales y que Andrew Vaszonyi dio inicios en 1954 aplicando algebra matricial y que a finales de los 60's Joseph Orlicky popularizo el procedimiento y lo denominó MRP.

Los métodos clásicos de gestión de stocks y aprovisionamientos apoyan en principio a un tamaño de lote fijo medido en unidades y/o en tiempo calculado individualmente por cada artículo por separado en base a su historia pasada en general presupone que la

demanda de cada artículo es independiente de las demás y que actúa en forma homogénea a lo largo del tiempo. Estas circunstancias no se dan en aquellos componentes cuya demanda resulta de una decisión respecto a cuándo y cuantos artículos de los existentes van a fabricarse. En la siguiente imagen se muestra el proceso general de un MRP.

Figura 2.1. Lógica del procesamiento de un MRP.



Fuente: Pascual (2009, p. 23).

La lógica del MRP acepta el programa maestro y determina los programas componentes par artículos menores de los componentes sucesores atreves de la estructura de producto, calcula para cada uno de los periodos en el horizonte del tiempo de la programación ,cuantos de cada artículo se necesita, cuanto inventario disponible tenemos, los pedidos pendientes de recibir, la cantidad neta que se debe planear al recibir las nuevas entregas y cuando deben colocarse las órdenes para nuevos embarques de manera que los materiales lleguen cuando se necesitan, el proceso de datos continua hasta que se han determinado los requerimientos para cada artículo que será utilizado para cumplir el programa maestro de producción, como se indica en la figura 2.2.

Figura 2.2. Procesamiento de un MRP.

Procesamiento del MRP						
Producto 1	Período					
CONCEPTOS	01	02	03	04	05	06
NECESIDADES BRUTAS		400		600		900
DISPONIBILIDADES	600	600	200	200	100	100
PEDIDOS PENDIENTES				500		
NECESIDADES NETAS						800
RECEPCIONES PLANEADAS						800
ORDENES PLANEADAS				800		

*Nota: Los Datos de partida están sombreados*

Fuente: Gómez (sf. p. 19)

La información suministrada por el MRP hace de ella algo más que una técnica de gestión de inventarios, constituyendo simultáneamente un método de programación de la producción, pues no solo nos indica cuando deben emitirse los pedidos a los proveedores y en qué cantidad, sino también cuando debemos comenzar la fabricación y/o el montaje entre los distintos lotes que deban producirse en la empresa.

Gatheir (1999) en su libro de administración de la producción menciona que dado que el MRP controla mejor la cantidad y sincronización de las entregas de materias primas, componentes, sub-ensambles y ensambles para las operaciones de producción y que estos materiales se entregan en el momento correcto que se necesitan y que esto también ayuda para acelerar los flujos de insumos en respuestas a cualquier cambio de programa de la producción y que estos controles nos dan como resultado menor mano de obra, material y costo de gastos indirectos variables por las siguientes razones.

- Menos faltantes de inventario y retrasos en las entregas de materiales que dan como resultado más producción si incrementar la cantidad de empleados o maquinas.
- Reducción en la incidencia de derechos de sub-ensambles, ensambles como resultado del uso de las partes correctas
- La capacidad en los departamentos de producción aumenta como resultado de menor tiempo ocioso, mayor eficiencia en los movimientos físicos de materiales y menor confusión y retardos en la producción.

Gatheir et al. (1999) menciona que los sistemas deben de tener ciertas características deseables adecuadas para un MRP las cuales son:

1. Contar con un sistema de cómputo efectivo
2. Listas precisas computarizadas de materiales y archivos de estados de los inventarios de todos los productos y partes.



3. Un sistema de producción que manufactura productos discretos formados por materias primas, componentes, sub-ensambles y ensambles procesados a través de muchos pasos productivos.
4. Procesos de producción que requieran tiempos largos de procesamiento.
5. Plazos de entrega relativamente confiables.
6. El programa maestro fijo durante un periodo suficiente para la procuración de materiales, sin excesivo seguimiento ni confusión.
7. Apoyo y compromiso por parte de la gerencia general.

Everett E. A. (1991) en su libro de administración de la producción hace mención de las limitaciones y ventajas del MRP, la cual dice que estas se originan en las condiciones en la que se encuentran antes de iniciar el sistema y que es necesario contar con una computadora y que la estructura del producto debe estar orientada hacia el ensamblado; la información sobre la lista de materiales y el estado legal del inventario debe ser reunida y computarizada un con buen programa maestro. Otra consideración es la confiabilidad de los datos ya que los datos poco confiables sobre transacciones e inventario pueden hacer fracasar al MRP, el sistema debe ser preciso y útil para quien lo utiliza de lo contrario será un adorno costoso desplazado por otros sistemas informales adecuados.

## **2.2. Sistemas Justo a Tiempo**

### **2.2.1. 5S**

Francisco Rey en su libro de las 5 "s" comienza mencionando que son numerosos los accidentes de trabajo generados por consecuencia de un ambiente desordenado y sucio,

pisos resbaladizos, materiales fuera de su lugar asignado, acumulación de material y sobre-inventarios esto puede constituir a su vez cuando se trata de productos inflamables un factor importante de riesgo que ponga en riesgo los factores patrimoniales de la empresa e incluso la vida de los ocupantes.

Francisco Rey et al., también menciona que las 5s exigen un compromiso total por parte de la línea jerárquica para provocar un cambio en el comportamiento y actitudes del personal implicado en todos los niveles. Francisco propone una serie de preguntas para saber si la organización necesita aplicar las 5 ´s, las cuales son:

- *¿Nos vemos obligados a dedicar una jornada a limpiar cada cierto tiempo en vez de trabajar normalmente?*
- *¿Esta aprovechado el espacio en talleres y oficinas al máximo de manera eficaz y racional?*
- *¿Disponemos del material, herramientas y documentación necesarios para desarrollar el trabajo cotidiano?*
- *¿Se encuentra cualquier documento con rapidez sin necesidad de desplazarnos del área de trabajo?*
- *¿Observamos que ciertas herramientas, documentos están mal ubicados o que alguna máquina y/o equipo no funciona correctamente?*

En función a las respuestas que se tengan se puede o no aplicar en la organización un programa de 5´s, dentro del mismo texto el autor lista las 5´s que se derivan de palabras japonesa las cuales son:

1. Seiri (organizar y seleccionar)

2. Seiton (ordenar)
3. Seiso (limpiar)
4. Seiketsu (mantener la limpieza)
5. Shitsuke (rigor en la consigna de la aplicación y tareas)

En la figura 2.3 se muestra en resumen las 5´s divididas en 4 etapas con una breve explicación de cada una de ellas.

Figura 2.3. Etapas de las 5´s.

	1 Limpieza inicial	2 Optimización	3 Formalización	4 Continuidad
<b>Organización y selección</b>	Separar lo que sirve de lo que no sirve	Clasificar lo que sirve	Implantar normas de orden en el puesto	Estabilizar y mantener lo alcanzado en las etapas anteriores
<b>Orden</b>	Tirar lo que no sirve	Definir la manera de dar un orden a los objetos	Colocar a la vista las normas así definidas	Practicar la mejora
<b>Limpieza</b>	Limpiar las instalaciones/ máquinas/ equipos	Identificar focos de suciedad y localizar los lugares difíciles de limpiar y buscar una solución	Buscar las causas de suciedad y poner remedio para evitarlas	Cuidar el nivel de referencia alcanzado
<b>Mantener la limpieza</b>	Eliminar todo lo que no sea higiénico	Determinar las zonas sucias	Implantar y aplicar las gamas de limpieza	Evaluar (Auditoría 5S)
<b>Rigor en la aplicación</b>	Acostumbrarse a aplicar la 5S en el seno del puesto de trabajo y respetar los procedimientos en vigor en el lugar de trabajo			Hacia el taller/oficina ideal

Gráfico I-5

Fuente: Rey (2005, p. 22).

Hirano (1995) describe la necesidad de aplicar las 5´s y menciona que es una simple pregunta, pero muy difícil de responder y que se puede hablar de muchas cosas como productividad pero que algunas personas siguen sin entender por qué aplicar las 5´s. Hirano menciona los beneficios que se obtienen de la aplicación de este sistema y los manifiesta de la siguiente manera:

Diversificación de producto. - reduciendo los cambios de herramienta a cero, quitar los tiempos extras de volver a herramentar y otras operaciones de cambios de modelos incrementando la frecuencia de los cambios y permitiendo más diversificación del producto.

Cero defectos dan una mejor calidad. - manteniendo limpios los equipos de producción se reduce los errores de operación de los mismos equipos

- Los defectos son difíciles de descubrir cuando la estación de trabajo es un desorden.
- Un equipo limpio tiende a operar normalmente sin defectos.
- Una estación de trabajo limpia y organizada hace los operadores más conscientes de la manera que ellos hacen las cosas.

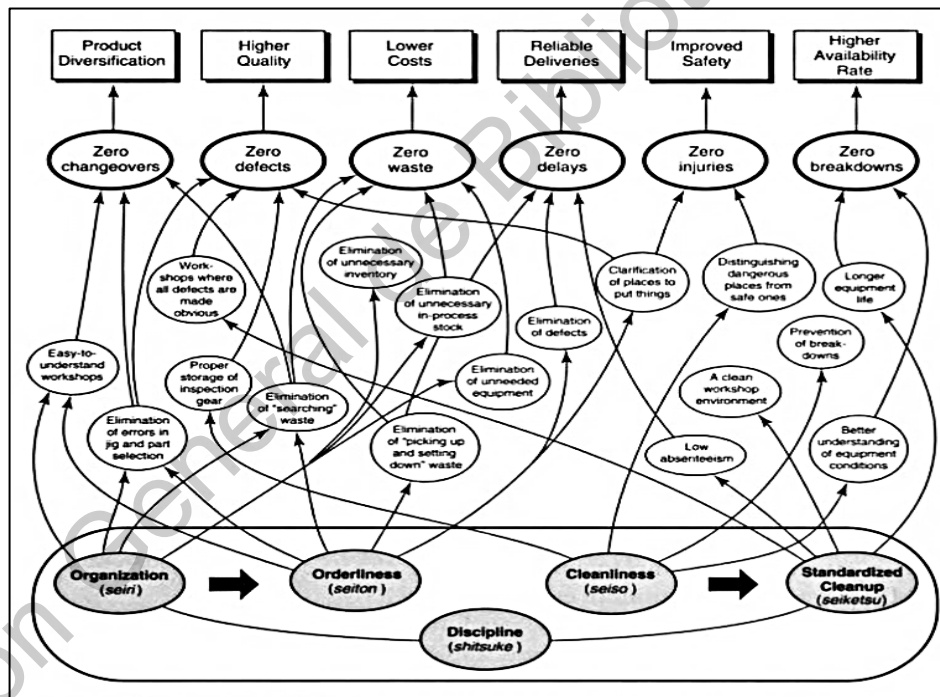
Cero desperdicios dan un menor costo. - la televisión japonesa muestra un slogan acerca de la gente que dedica mucho tiempo hablando por teléfono y/o llevando muchos papeles esta no puede tener mucho trabajo hecho y estos se considera desperdicio.

- Eliminar desperdicio por espera, inventario en proceso y almacenes.
- Eliminar desperdicio de cargar mucho como manejo de materiales y documentos.
- Eliminar actividades que no agregan valor como colocar, cargar, contar entregas confiables nos da cero retrasos.
- Cuando los errores y defectos son eliminados las entregas pueden estar en tiempo.
- Necesitamos un buen ambiente de trabajo y alta visibilidad operacional
- Cero accidentes promueven la seguridad. -
- Podemos descubrir fallas mecánicas y arreglas manteniendo el equipo en impecables condiciones.

- Mantener bien definidos los lugares para colocar cosas.
- Colocar cosas de una manera segura.
- Un mejor mantenimiento nos da cero paros cuando las tareas de mantenimiento estas integradas diariamente como tareas de limpieza el equipo estará listo para usarse.

En la figura 2.4 se esquematiza lo mencionado anteriormente.

Figura 2.4. Beneficios de las 5's.



Fuente: Hirano (1995, p. 20).

### 2.2.2. Sistemas de surtimiento justo a tiempo

#### 1. Kan-ban

Roos (1992) nos dice que el kan ban en el sistema de remplazo de partes que depende de tarjetas, cajas y contenedores para tomar partes de una estación a otra en una línea de

producción y que la esencia de un kan ban es que un proveedor y/o almacén deberían surtir componentes a la línea de producción como y donde estos se necesitan entonces no existe inventario en el área de producción. Dentro de esto sistemas las estaciones de trabajo son ubicadas a lo largo de la línea de la línea de producción produciendo componentes solo cuantos estos reciben una tarjeta y/o un contenedor vacío indicando que más partes serán necesitadas en el área de producción.

El kan ban limita las cantidades de materiales en proceso actuando como una autorización para producir más piezas, la producción y/o la entrega de componentes son jalados atreves de la línea de producción. En el mismo capítulo Roos describe que se tienen dos tipos de kan ban, uno de transporte y otro de producción, el primero contienen información del origen de la parte y cuál será su destino, en este sistema los componentes son ordenados y producidos de acuerdo a l programa de producción diaria.

Referente al kan ban de producción este se usa para indicar que, cuantas y cuando los materiales deben de producirse, el uso de estos procesos es conocido como proceso integrado de kan ban. La figura 2.5 muestra ejemplo de tarjeta kan ban.

Figura 2.5. Tarjeta Kan ban

AOI					
Assembly no. <small>(Inter no. th unit.)</small>		File no.		Copy status	
		Destination		<small>(Export car must use English plate)</small>	
Car style <b>BJ 43L - KJW</b>					
Rear spring	Rear axle	Booster	Steering lock	Collapsible handle	
	<i>Semi</i>	<i>Single</i>	<i>Yes</i>	/	
Define gear ratio	Free wheel fabrication	Electric system	Exhaust	Transfer	
<i>411</i>	/			<i>Direct</i>	
Alternator	Air cleaner	Oil cooler	Heater & air conditioner	Front winch	
<i>480W</i>	/	/	<i>Heater</i>	/	
Cold-climate oil	Altitude compensation	LLC	Fan	Rear hood	
	/		<i>tempred</i>	/	
EDIC				Cold-climate destination	
<i>Yes</i>					

Fuente: Japan Management Association (1989, p. 83).

El libro de kanban y just in time en Toyota (1998), nos menciona que el kan ban fue diseñado para:

1. emplear operaciones estándar en todo momento
2. entregar diferentes directrices basadas en las condiciones actuales existentes en el lugar de trabajo
3. Evitar la realización de cualquier trabajo innecesario para todos los implicados en operaciones de arranque, y evitar la creación de una inundación de papeles que no pueden servir como materiales fuente para el futuro.
4. Existen seis reglas muy claras que son:

Regla 1: No enviar productos defectuosos al proceso siguiente.

El fabricar productos defectuosos significa invertir materiales, equipos y trabajo en algo que no puede venderse y es el mayor despilfarro de todos. es la peor ofensa contra la reducción de costes.

Regla 2: El proceso siguiente viene a extraer solo lo que se necesita.

Se crea una pérdida si el proceso precedente suministra piezas o materiales al proceso posterior en un momento que no lo necesita y/o la cantidad está por encima de las necesidades de este último. Los principios para esta regla son:

- No extraer sin un kan-ban
- Los elementos retirados no pueden exceder del numero indicado por el kan-ban entregado
- Un kan-ban debe acompañar siempre a cada elemento o conjunto de elementos.

Regla 3: Producir solo la cantidad exacta retirada por el proceso anterior

El secreto radica en producir solo la cantidad exacta y se predica por sí mismo que debe restringir su stock a un mínimo absoluto por esa razón demos observar lo siguiente:

- No producir más de la cantidad específica en el kan ban
- Producir en la secuencia en la que se reciben los kan ban

Regla 4: nivelar la producción:

Este se refiere a la nivelación equilibrada de la carga producción para producir solo lo que se necesita, también es importante el mantener equipos y trabajadores de modo tal que los materiales puedan producirse en el momento necesario y la cantidad necesaria.

Regla 5: El kan ban es un medio para el ajuste fino.

El kan ban es la fuente para de la información para la producción y transporte, como los trabajadores deben de confiar en el kan ban para hacer su trabajo, el sistema de nivelación de la producción resulta extremadamente importante.

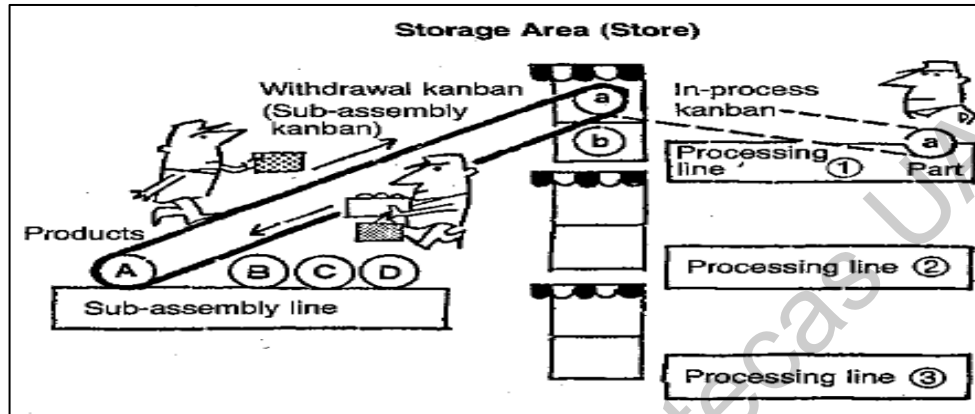
Regla 6: Estabilizar y racionalizar el proceso.

Ya que se produce producto defectuoso si esta regla no se aplica, cuando en los procesos hay despilfarro, irracionalidad y desigualdades (mura, muda, muri), el resultado en la producción de piezas defectuosas sin resolver este tema no hay garantía de que el proceso siguiente tenga un aprovisionamiento adecuado, o que los costes de producción sean lo bajos que pueden ser.

En la figura 2.6 se muestra la circulación de tarjetas de kan ban.



Figura 2.6. Circulación de tarjetas Kan-ban



Fuente: Japan Management Association (1989, p. 83)

## 2. Sistema de reemplazo de material (Two Bin)

Muller M. (2005) dice que el sistema Two Bin es sistema simple de inventario máximo y mínimo y que imaginemos una parte en particular en un simple contenedor (bin), si no fue asignado un punto de re-orden entonces el lote completo deberá ser usado sin ninguna orden colocada para su reemplazo entonces la organización podría no tener para ventas y/o usos para este ítem una vez terminado este por lo tanto es mejor adopta tener dos contenedores (Two bin), esto es tener el primero para el trabajo y el segundo como reserva de stock, la cantidad del segundo contenedor debería ser igual a los usos de este ítem acorde así tiempo de respuesta para el reemplazo, en un sistema de doble contenedor si todo va como debería al consumir el primero deberá re ordenarse el reemplazo de la cantidad del primer contenedor entonces se deberá rellenarlo una vez teniendo la orden, también es recomendable usar un tercer contenedor como inventario de seguridad.

La cantidad por contenedores pueden ser calculados matemáticamente, una simple formula determina la cantidad a usar como sigue:

(Usos x tiempo de respuesta) + Inventario de seguridad

Veamos el siguiente ejemplo:

Considerar los siguientes % del tiempo de respuesta

1 semana 0.25	25%	2 semana 0.50	50%
3 semana 0.75	75%	4 semana 1	100%
5 semana 1.25	125%	6 semana 1.5	150%

- Considera a su vez que la tasa de uso es de 1200 piezas al mes
- Un tiempo de respuesta de 3 semana
- Calculando el uso por semana, asumiendo 4 semanas al mes entonces 1200 piezas entre 4 semanas entonces esto es igual a 300 piezas por semanas, sin embargo, un contenedor o inventario en stock debería contener al menos 300 piezas.
- Calculando el material de reserva de trabajo: dando 3 semanas del tiempo de respuesta la reserva del material de trabajo debería ser  $1200 \text{ piezas} \times 0.75 = 900$  piezas
- Calculando el inventario de seguridad usando el 50% de material de reserva de trabajo seria  $1200 \times 0.75 = 900 + 450 \text{ piezas} = 1350$  piezas
- Entonces el uso de contenedores quedaría como sigue

- 1 contenedor (material de trabajo) =900 piezas: segundo contenedor (material de reserva) =300 piezas: tercer contenedor (inventario de seguridad) = 450 piezas.

### **2.3. Metodología WCM.**

El sistema de producción de automóviles FIAT (FAPS), ha establecido como misión mejorar el rendimiento del sistema operativo corporativo a un nivel de excelencia capaz de lograr la competitividad de clase mundial, mediante el programa WCM, desarrollado por el Profesor Hajime Yamashina miembro de la Royal Society of Arts (UK) y de la Swedish Royal Academy of Engineering Sciences, Director de la Japan Society of Plant Engineers, miembro fundador, junto con compañías occidentales, de la WCM Association y en la actualidad reconocido internacionalmente como líder experto en World Class Manufacturing.

Este programa se inició desde el 2005 en el Grupo Fiat Automóviles, y representa el nivel de excelencia de todo el ciclo logístico-producción medido de acuerdo con los métodos aplicados y el rendimiento alcanzado por las mejores empresas en su clase en todo el mundo.

El Profesor Hajime Yamashina ha personalizado la metodología WCM a las necesidades del grupo FIAT Automóviles. Este modelo considera pilares técnicos y pilares gerenciales o de gestión. Los niveles de logro en los campos técnicos están indirectamente afectados por el nivel de logro en los campos gerenciales o de gestión. Para alcanzar el nivel de excelencia, un desarrollo paralelo de todos los pilares es

necesario, y cada pilar se centra en un área específica del sistema de producción utilizando los métodos y herramientas adecuadas para alcanzar la excelencia global.

Los pilares técnicos son:

1. Seguridad
2. Despliegue del costo
3. Mejora Enfocada
4. Actividades Autónomas
5. Mantenimiento Profesional
6. Calidad
7. Logística y servicio al cliente
8. Administración temprana del equipo y producto
9. Desarrollo de personal
10. Medio Ambiente
11. Energía

Dentro de los pilares gerenciales se considera;

1. Compromiso de la dirección
2. Claridad de objetivos
3. Mapa e ruta hacia WCM
4. Asignación de personas altamente calificadas
5. Compromiso de la organización
6. Competencia de la organización
7. Tiempo y presupuesto
8. Nivel de detalle

9. Nivel de expansión

10. Motivación de los operadores

### ***2.3.1. Pilar de logística y servicio al cliente***

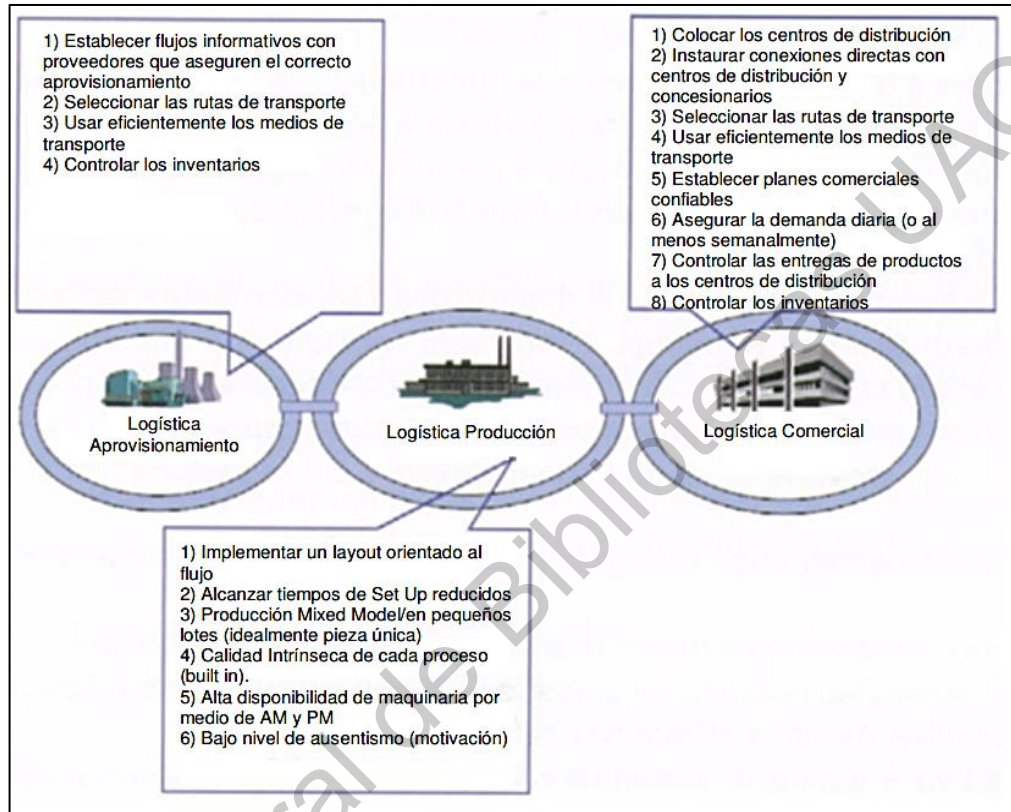
En la guía; FAPS Fiat Technical Pillars'Guide (2007) se menciona que la logística es mucho más amplia que la simple administración de materiales, almacenes y transportes, y que esta involucra 3 procesos diferentes de la empresa: el proceso comercial y de venta, el de manufactura y el que se dedica a la compra y distribución de los componentes. Esto es una visión amplia y transversal de toda la empresa y es absolutamente necesaria para alcanzar la finalidad del pilar de logística que se puede resumir en los siguientes 3 puntos:

- Aumentar la satisfacción del cliente (en calidad como en tiempos de entrega.
- Reducir los costos de capital invertido en los productos semi-terminados y en proceso (WIP).
- Reducir los costos de movimientos de los componentes.

El pilar de logística debe contemplarse como integrado con el de servicio al cliente y en cada una de sus representaciones, aprovisionamiento, producción y comercial.

La figura 2.7 representa las áreas de la logística en la que se afrontan diferentes problemas, que sin embargo están relacionados entre sí.

Figura 2.7. Las 3 áreas fundamentales de la logística



Fuente: FAPS Fiat Technical Pillars´Guide (2007, p. 197)

### 2.3.2. Los Principios Fundamentales de Logística

La Guía FAPS Fiat (et. al) también señala que la logística utiliza tres principios de guía, con la finalidad de satisfacer mejor al cliente, y de reducir los costos de transformación, de movimiento y de capital, ver figura 2.8.

Figura 2.8. Principios guía de la logística



Fuente: FAPS Fiat Technical Pillars' Guide (2007, p. 199)

Por otra parte, también se menciona que a estos principios están relacionados con los objetivos principales de mejora de este método, estos objetivos son:

- 1) Aumentar la satisfacción del cliente específicamente en lo que concierne al tiempo de entrega, reduciéndolo hasta el mínimo necesario y manteniéndolo con la máxima fidelidad posible.
- 2) Aumentar la productividad del sistema y de las locaciones de trabajo, reduciendo los movimientos (reducción de la actividad de no valor agregado: NVAA) y los stocks inútiles y así disminuir el capital invertido en el trabajo en proceso.
- 3) Reducir al mínimo los costos de los movimientos de materiales y de utilización de los espacios contribuyendo a la reducción de los costos perseguidos también por los otros pilares con mejoras de tipo logístico.

La condición de una logística de clase mundial (World Class), con pocos desperdicios, está representada por el sistema de producción justo a tiempo (Just in Time), es decir producir al momento justo y en el lugar justo solo los productos ordenados por el

cliente. La finalidad del pilar de Logística (integrado con el Servicio a Clientes) es dirigir la producción acercándola gradualmente, y lo más posible a este concepto.

Existen por lo menos cuatro principios imprescindibles para realizar un sistema de producción JIT:

- Principio del Flujo Tenso

Objetivo: Realización del montaje en cadena a través de la integración y orientación de los layout de proceso al producto;

- Principio jalón (Pull)

Objetivo: El proceso “Aguas abajo” llama solo las partes que consume, de las cuales tiene necesidad

- Principio Cadencia o tiempo tacto(Takt Time)

Objetivo: Realización del balance de las diferentes actividades operativas en función del volumen y del ritmo requerido por el cliente (Takt Time);

- Principio Cero Errores

Objetivo: Mejorar y estabilizar todos los procesos de la empresa que influyen en la producción (calidad, confiabilidad, presencia, etc.)

Haciendo referencia a los cuatro principios, el pilar de Logística busca el Just in Time realizando una producción orientada al cliente con los siguientes objetivos:

- Una producción basada en la orden del cliente, a través de un sistema de administración de órdenes adecuado.

- La reducción de los tiempos de entrega de producción, para permitir la sincronización entre venta, producción y aprovisionamiento;



- La adquisición en tiempo de los componentes adquiridos en el exterior, a través de un sistema de transporte y entrega de tipo multi-entregas (shared transportation).

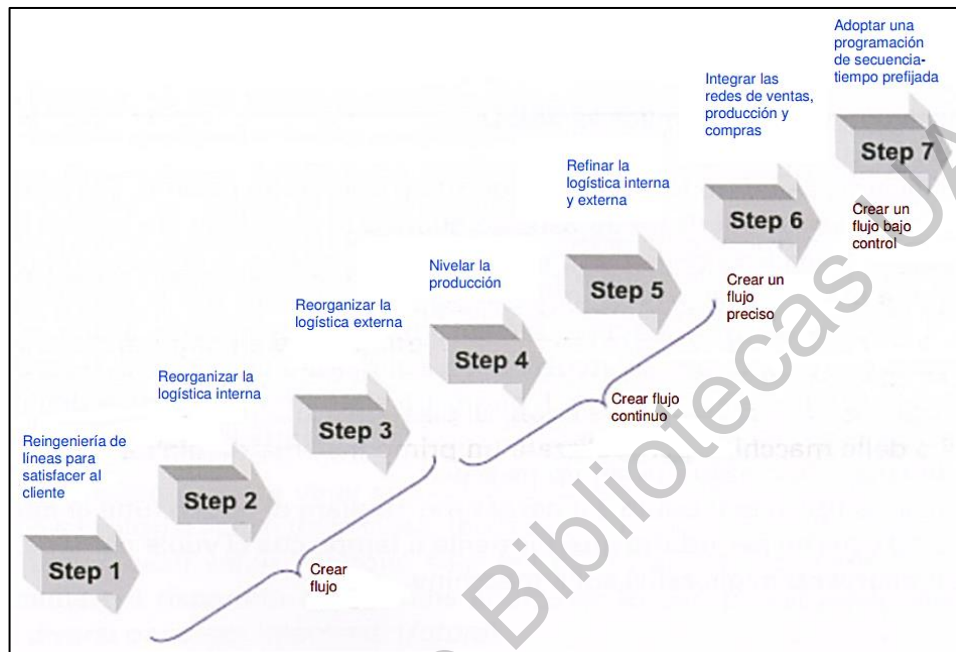
Para llevar a cabo estos objetivos las palancas de acción principales que hay que aplicar, siguiendo la ruta de los 7 pasos, son:

- Producción solo a petición del cliente.
- Producción a mezcla nivelada
- Balanceo de las líneas.
- Reducción del número de operaciones.
- Reducción del lote de producción.
- Reducción de los tiempos de cambio del modelo (set up).
- Programación Jalón (Pull System).
- Reducción Sistemática de los inventarios.

### ***2.3.2. Pasos del pilar de logística***

Se tiene una ruta de implementación de la logística dividida por 7 pasos los cuales se listan en la figura 2.9.

Figura 2.9. Los 7 pasos de la ruta de implementación de la logística



Fuente: FAPS Fiat Technical Pillars' Guide (2007, p. 216)

Las actividades de los 3 primeros pasos tienen la finalidad de crear un flujo logístico al interior de la empresa con la reingeniería de las líneas y de la logística interna y externa. Objetivos típicos del paso 1, 2 y 3 son la reducción del tiempo de respuesta, la reducción de los tiempos de set up y de la dimensión de los lotes, la eliminación de los movimientos inútiles de los materiales y de los demás desperdicios logísticos, la limpieza y el reordenamiento de los ambientes y de los materiales a administrar con la lógica FIFO.

Los pasos 4 y 5 tienen como finalidad crear un flujo continuo sincronizando y nivelando toda la producción, en modo tal que cada departamento produzca solo aquello que sirve para la producción de piezas “aguas abajo”, e interviniendo en la logística interna y externa para alcanzar los cero defectos, el cero paros de actividad y el reabastecimiento del justo a tiempo de los componentes que así lo requieran.

Los pasos 6 y 7 conducen a un flujo muy cuidado y controlado, sincronizando completamente las ventas, producción y aprovisionamientos, y adoptando una secuencia basada en una programación de tiempos prefijados y controlados.

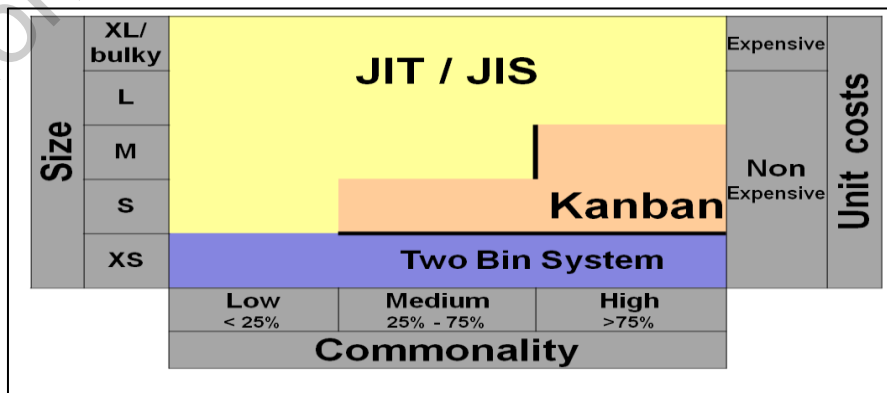
*1. Paso 1: re-ingeniería de las líneas para satisfacer al cliente*

Los objetivos del paso 1 son dos: Reingeniería de las líneas para satisfacer al cliente y restablecer las condiciones de base para un buen funcionamiento. El primer objetivo implica entender los requerimientos de los clientes de las piezas y los gap más relevantes con respecto a la situación actual, para definir la prioridad y el plan de mejoras con un tiempo preestablecido.

El segundo objetivo requiere introducir criterios de clasificación, de medición y de administración de los materiales y de las maquinas, para realizar un primer conjuntos de mejoras.

Dentro del paso dos es importante crear una clasificación de materiales que permita ver la manera en que los materiales serán surtidos a las líneas de producción basada en la siguiente figura:

Figura 2.10. Matriz de clasificación de materiales



Fuente:

Creación Institucional Grupo FIAT (s.f.)

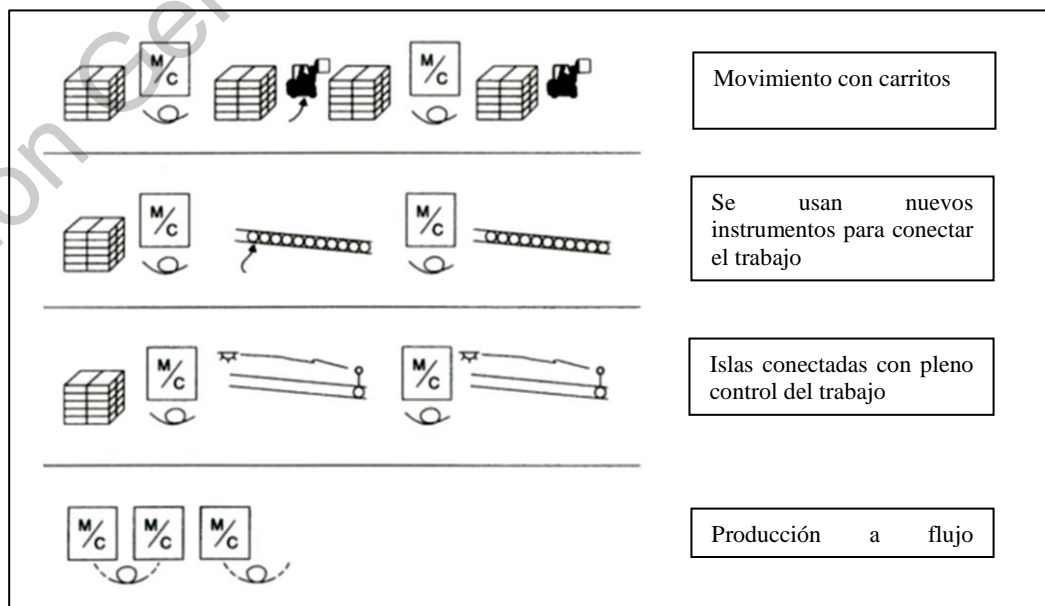
2. Paso 2: Reorganización de la logística interna.

El objetivo del paso 2 es revisar la modalidad de la logística interna para reducir los buffer y las actividades NVA y los demás desperdicios logísticos. Uno de los principales inspiradores del paso 2 es el análisis del layout, de los flujos y de la elección del layout más idóneo con criterios de progresividad.

En la figura siguiente están ilustrados los diferentes tipos logísticos de layout productivos, partiendo de la tradicional producción a islas con buffer intermedios muy elevados y fuentes de desperdicios.

Hasta el flujo continuo basado en celdas sin reservas intermedias. Para pasar de las islas a la producción en celda, se puede atravesar por las soluciones intermedias de islas conectadas, o bien, dotadas de medios de transporte de los semi-terminados, a islas conectadas con sistemas de control que avisan (señal pull) cuando el semi-terminado está listo para el trabajo sucesivo, eliminando de esta forma los buffer.

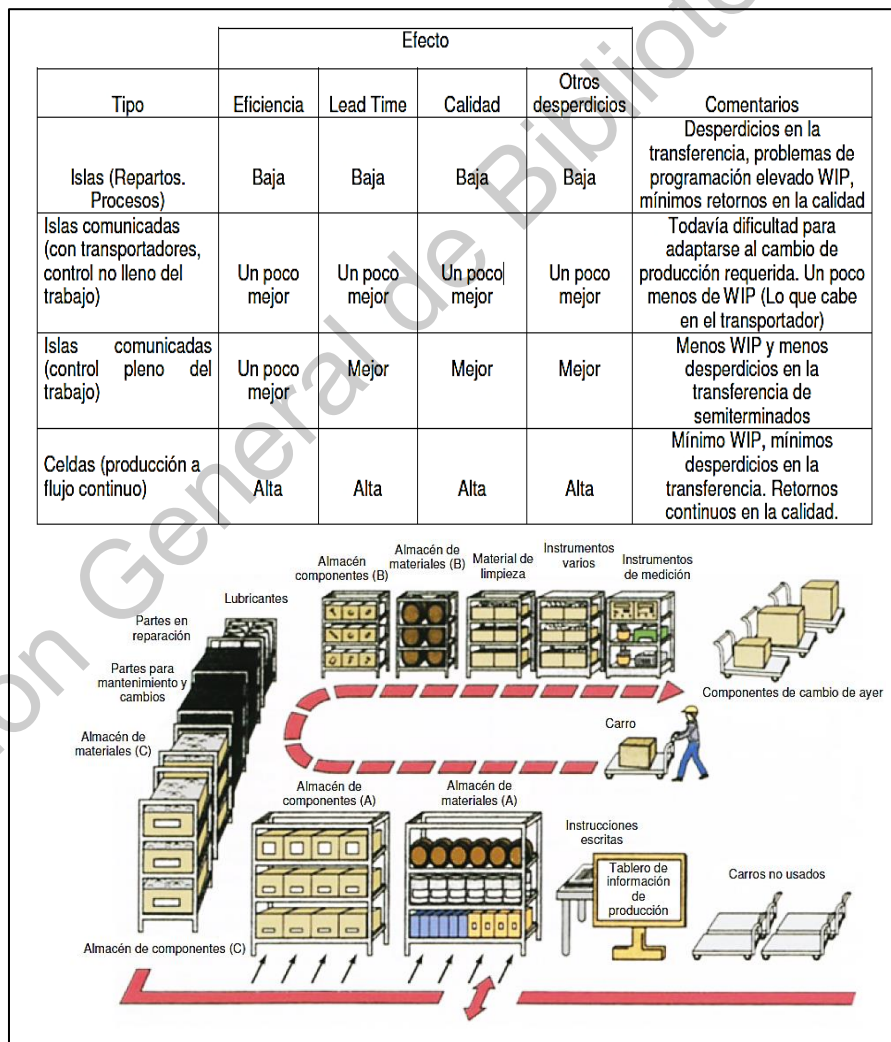
Figura 2.11. Tipos de layout logísticos



Fuente: FAPS Fiat Technical Pillars'Guide (2007, p. 224)

En la figura 2.12 se observa como diferentes layouts tienen diversas características de eficiencia, lead time, calidad y otros desperdicios. La solución de celdas es la mejor, sin embargo no siempre es aplicable inmediatamente y se tendrá la necesidad de transitar a través de las soluciones intermedias. La configuración del layout a flujo continuo deberá ser en I, L y en U.

Figura 2.12. Características de los diferentes Layouts y layout en U de un área de picking



Fuente: FAPS Fiat Technical Pillars'Guide (2007, p. 226)

Además de intervenir en el layout de la producción, se puede modificar también el layout de los almacenes al lado de la línea. Para efectuar las operaciones de picking o kitting se puede adoptar un layout con contenedores de surtimiento de fácil acceso colocadas en U, pero caso por caso, es posible desarrollar la forma en base al principio de mínimo manejo de materiales y la mejor saturación de la actividad de picking o kitting. En la ilustración se ve como una persona autorizada pasa entre los contenedores con un carrito tipo supermercado y acomoda fácilmente el carrito con la mezcla de materiales necesarios para cada uno de los puntos de utilización provistos en la sección de línea correspondiente.

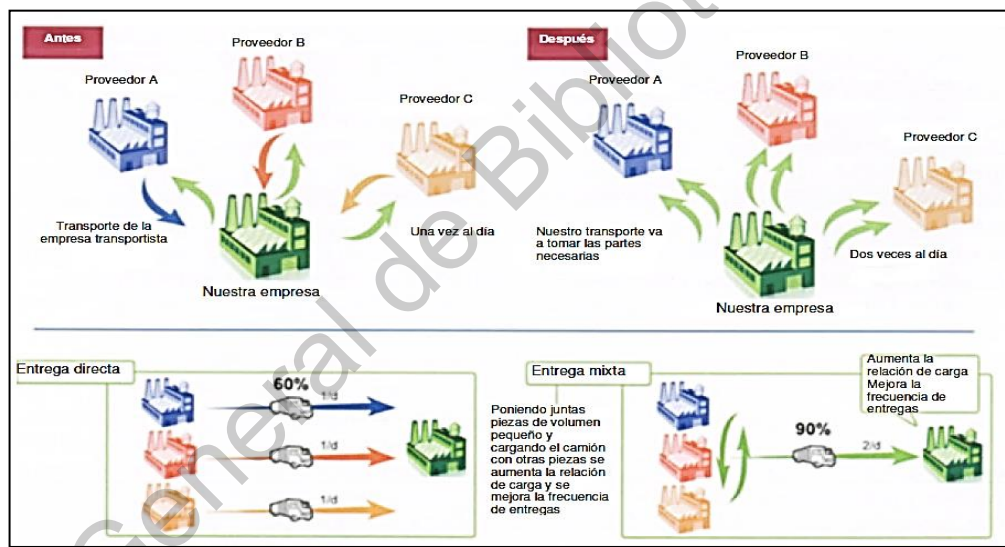
### *3 Paso 3: Reorganización de la logística externa.*

El objetivo del paso 3 es de revisar la logística externa en particular la relación con los proveedores y el sistema de transporte con el fin de reducir los desperdicios, aumentar la eficacia de los medios y poner a flujo la producción y los aprovisionamientos.

Hay 5 intervenciones típicas que son usadas para mejorar el desarrollo de la logística externa. Los dos primeros son el transporte mixto y la carga mixta (rutas lecheras). En este caso se cargan en el mismo camión productos que vienen de proveedores diferentes. Como se puede observar en la figura 2.13, antes del cambio cada proveedor mandaba su camión, después del cambio hay un solo camión que hace el recorrido por todos los proveedores. De este modo, cada proveedor puede realizar expediciones más pequeñas ya que el camión será también llenado con productos de otros proveedores. Esta solución tiene la ventaja de aumentar la saturación de los camiones y de aumentar la frecuencia de llegada de los componentes y por lo tanto reducir las dimensiones promedio de los “lotes” consignados con la consiguiente reducción de los inventarios de la empresa. Una tercera

intervención típica que se puede desarrollar para reducir los desperdicios es la estandarización de los embalajes. Una cuarta intervención para eliminar los desperdicios en inventarios consiste en recurrir tan frecuentemente como sea posible a las entregas directas del proveedor a la línea de producción, sin dejar la mercancía en almacenes intermedios. Al final para reducir los costos, se requiere utilizar los transportes disponibles internamente, lo mismo que para el transporte externo.

Figura 2.13. Logística de transporte



Fuente: FAPS Fiat Technical Pillars´Guide (2007, p. 229)

*4 Paso 4: nivelar la producción.*

El objetivo del paso 4 es nivelar la producción en cada fase para lograr que entre las diferentes fases del sistema productivo no haya buffer intermedios. Esto significa que por ejemplo el departamento de las prensas debe de producir solo la cantidad requerida por el departamento de laminado. Para llevar a cabo este objetivo, se necesita lograr un sistema

productivo que en todas sus partes llegue a producir una baja cantidad y elevada variedad, produciendo solo lo que sirve con respeto del plan, también por ejemplo para los cambios.

*5 Paso 5: Perfeccionar la logística interna y externa.*

El objetivo del paso 5 es perfeccionar la logística externa e interna interviniendo en particular en el ciclo total de abastecimiento de las partes a las líneas de ensamble y en base a la realización de lotes idénticos de producción en las diferentes fases del trabajo.

Tener la misma dimensión de los lotes en las diversas fases y el esfuerzo para producirlos con la misma secuencia, así como en el tiempo oportuno, transportándolos en el momento oportuno, conduce a una sincronización de todo el sistema.

## **2.4. Desarrollo del problema**

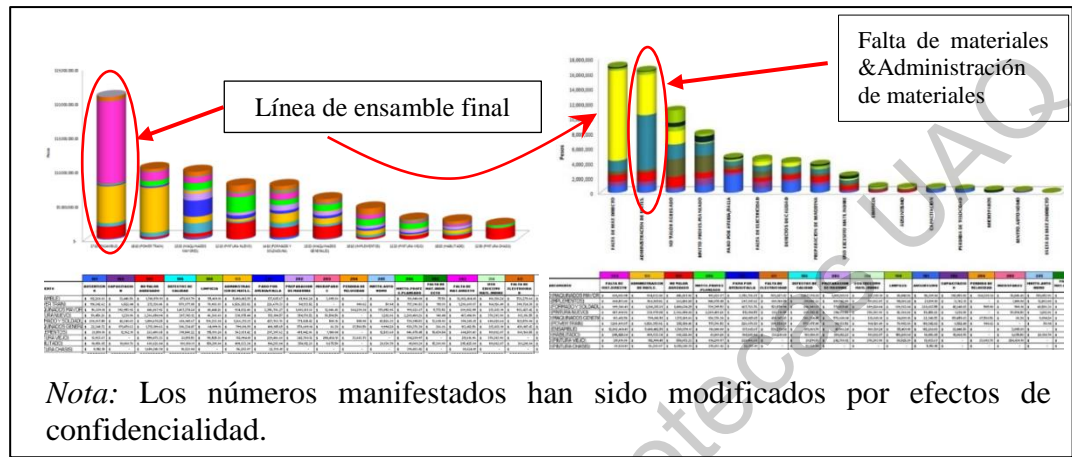
### ***2.4.1. Antecedentes-situación inicial del área.***

Dentro de la organización existen varias áreas productivas las cuales pueden diversificarse por centros de trabajo, unidades de negocio, celdas de manufactura, áreas de ensamble, planta productiva, taller etc. Para nuestro caso de estudio es importante entender dicha diversificación y/o división contable de los costos. Esto con la finalidad de asegurar que estamos analizando un área que requiera del análisis logístico para la eliminación del desperdicio y la aplicación de un abastecimiento oportuno de los materiales la cual debe estar respaldada por el área contable manifestando que es un área dentro del costo total de manufactura con productividad baja y representa una prioridad para ser analizada y que justifique la asignación de recursos y a su vez prioridad.

En la figura 2.14 se muestra las áreas que deben ser seleccionadas.



Figura 2.14. Matriz de costos

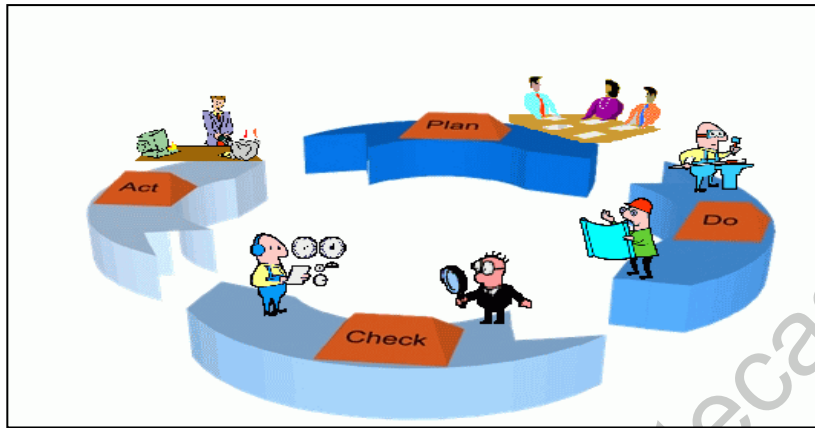


Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Obsérvese que el área manifestada de color amarillo para nuestro caso representa al área a ser analizada por logística basada en la administración de materiales y faltantes de materiales donde se ubica nuestro caso de estudio. En caso de no contar con información de costos entonces se deberá aplicar alguna otra metodología de selección de áreas también puede usarse la experiencia basada en áreas con problemas y quejas constantes, paros de producción etc. Para ver más detalles de la matriz de costos se recomienda ver Anexo A

Es recomendable establecer un equipo de trabajo multidisciplinario que este dedicado al análisis del problema, así como el de su solución. Existen diferentes métodos para darle forma al seguimiento del proyecto, para nuestro caso aplicaremos el proceso de PDCA, ver figura 2.15.

Figura 2.15. Proceso PDCA



Fuente: Creación Institucional Grupo FIAT (s.f.)

Este método que por sus siglas en inglés significa: plan, hacer, verificar y actuar.

Algunas razones del porque debemos trabajar en equipo son:

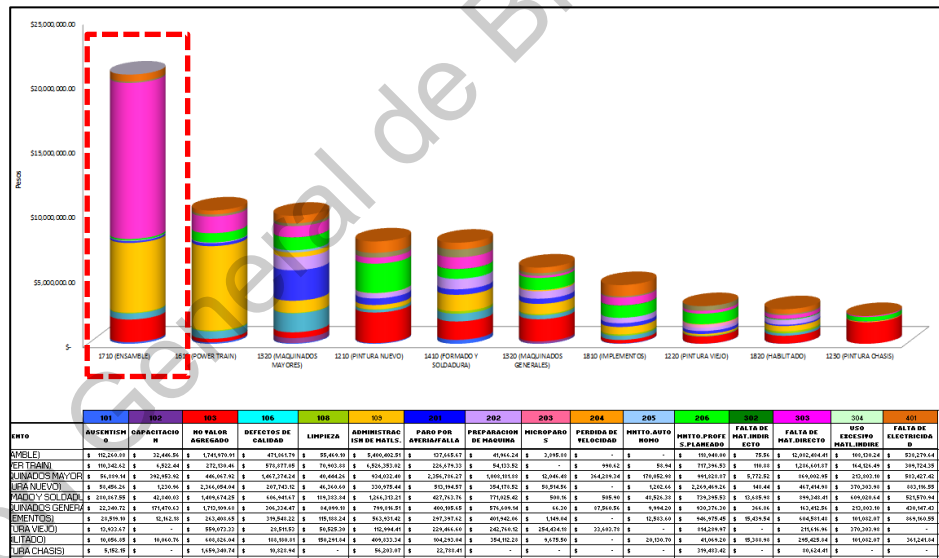
- Un equipo puede hacer tareas que un solo individuo no puede
- Los equipos pueden mejorar mejores ideas que un solo individuo
- Los cambios tienden a ser mejor aceptados
- El tiempo es menor que si lo realiza una sola persona
- El equipo favorece al desarrollo personal y al mejor éxito de la compañía
- En equipo se comparte el conocimiento

La información de soporte es reforzada adicionando los datos generados por nuestra área de procesos en el cual se muestra los diferentes desperdicios encontrados en el área, para ello manufactura ha usado un estudio basado en la observación de actividades de toda la operación de ensamble donde se determina % de actividades que no agregan valor a la operación este método es llamado Yamasumi board. El cual muestra por importancia las áreas con mayores desperdicios (NVA).

Esto previo al entendimiento total del área y antes de comenzar a realizar cualquier modificación. Como resultado del Yamasumi board es importante complementar la información del área seleccionada por el criterio del área de costos lo cual servirá como extracción del detalle para un mejor entendimiento de las causas del NVA correspondientes a logística.

En la figura 2.16 se muestra los resultados del análisis del Yamasumi (gráfico proporcionado por áreas de manufactura de procesos y pilar de costos), el cual es una estratificación al siguiente nivel de detalle de datos proveniente.

Figura 2.16. Análisis de NVAA por área

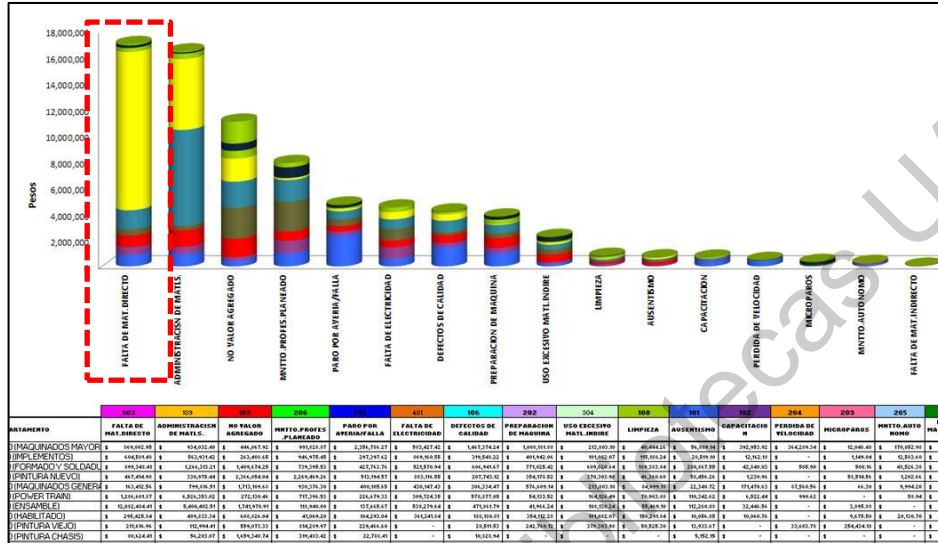


Fuente: CNH Industrial (s.f.)

En la figura 2.17 se representan las áreas de la planta donde se muestra que el mayor NVAA es la sección de Línea final o ensamble, la cual es nuestro objeto de estudio.

El siguiente nivel de estratificación de la gráfica anterior nos indica el área a seleccionar para el mejoramiento de su logística interna.

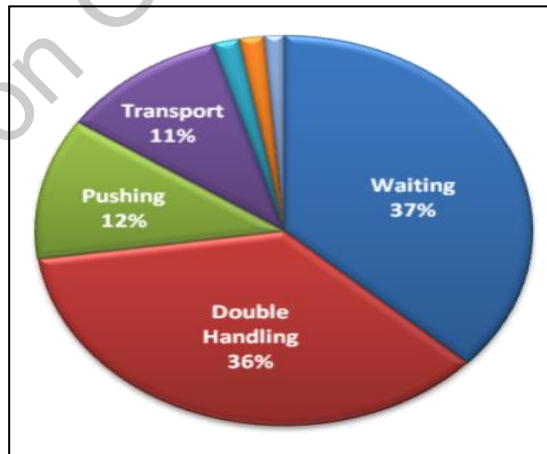
Figura 2.17. Detalle del NVAA en área de ensamble



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Se logra apreciar en la figura 2.17, en el área de ensamble tenemos dos subcategorías por atacar; falta de material directo y administración de materiales. Si hacemos otro análisis al siguiente nivel de administración de materiales, encontramos el siguiente resultado, ver figura 2.18.

Figura 2.18. Sub análisis de administración de materiales en área de ensamble



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Como podemos observar en el grafico por detalle el tipo de no valor agregado los cuales son:

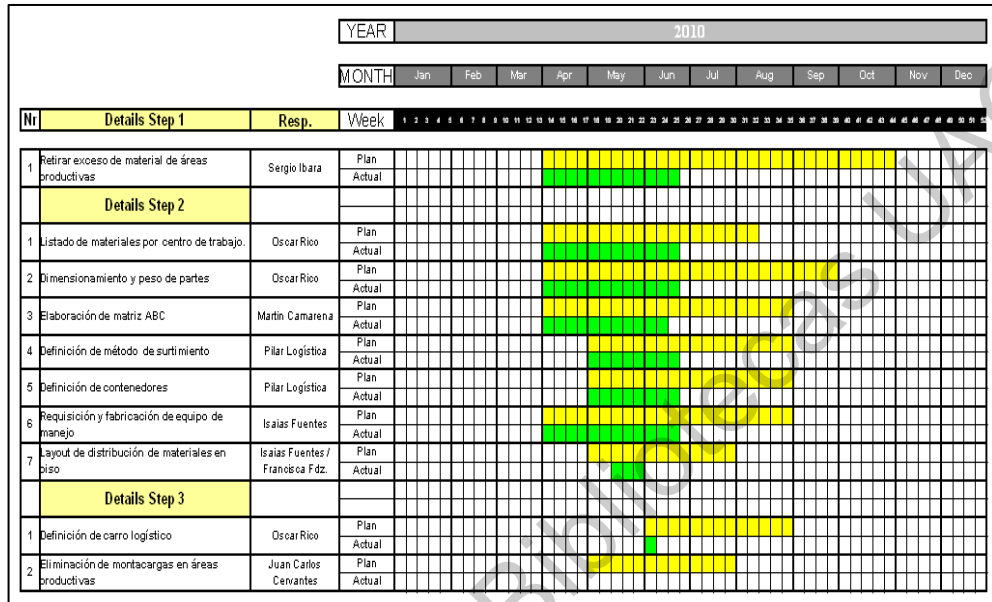
- Doble manejo de materiales 36%
- Esperar materiales 37%
- Empujar materiales 12%
- Transportar materiales 11%

Estos son tiempos dados en porcentaje manifiestan oportunidad de mejora ya que no transforman el producto y/o productos pero que si afectan la productividad de la operación.

Como siguiente paso una vez que contamos con los elementos que no agregan valor es importante crear un equipo de trabajo multidisciplinario que involucre personas de diferentes áreas afines a la operación y que estas creen un plan de trabajo que permita dar seguimiento a las actividades a realizar durante el desarrollo del proyecto.

Para nuestro caso de investigación se ha creado un equipo de 5 personas de las áreas de: logística, producción, procesos de manufactura. Donde se debe asignar un líder responsable que dé seguimiento a todas las actividades que se definan, las cuales deberán plasmarse en un Gantt o Road Map ver figura 2.19.

Figura 2.19. Road map de proyecto



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Como referencia adicionaremos unas fotografías de la situación actual del área de análisis, para generarnos una idea de las oportunidades de mejora con ello corroboramos que no existe un método eficiente para el abastecimiento de dichos materiales, como referencia si observamos la fotografía en la parte superior en esta podremos observar que no hay lugares asignados para los materiales, los equipos de manejo no están identificados ni señales visuales que permitan hablar de un buen concepto de manejo de los materiales para las líneas de ensamble.

En la figura 2.20, inferior observamos que:

- los contenedores no muestran alguna etiqueta de referencia y/o identificación del número de parte.
- se tienen materiales surtidos en cajas aparentemente con cantidades conocidas aun lado del área de producción.

- Los materiales ahí surtido n sabemos si serán usados y/o fueron surtidos para la producción del día
- Se observan materiales en rack de metal a diferentes niveles los cuales requieren del uso del montacargas para poder manipularlos o surtirlos cuando alguien los necesite o requiera
- Podemos asumir que durante el turno de trabajo existen riesgos de falta de abastecimientos de parte ya que no contamos con información.

Figura 2.20. Situación inicial del área de ensamble



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Las partes involucradas en el análisis son alrededor de 1532 piezas. En la figura 2.21, se muestra una parte de la matriz de materiales del área de ensamble.

Tabla 1. Matriz de materiales del área de ensamble

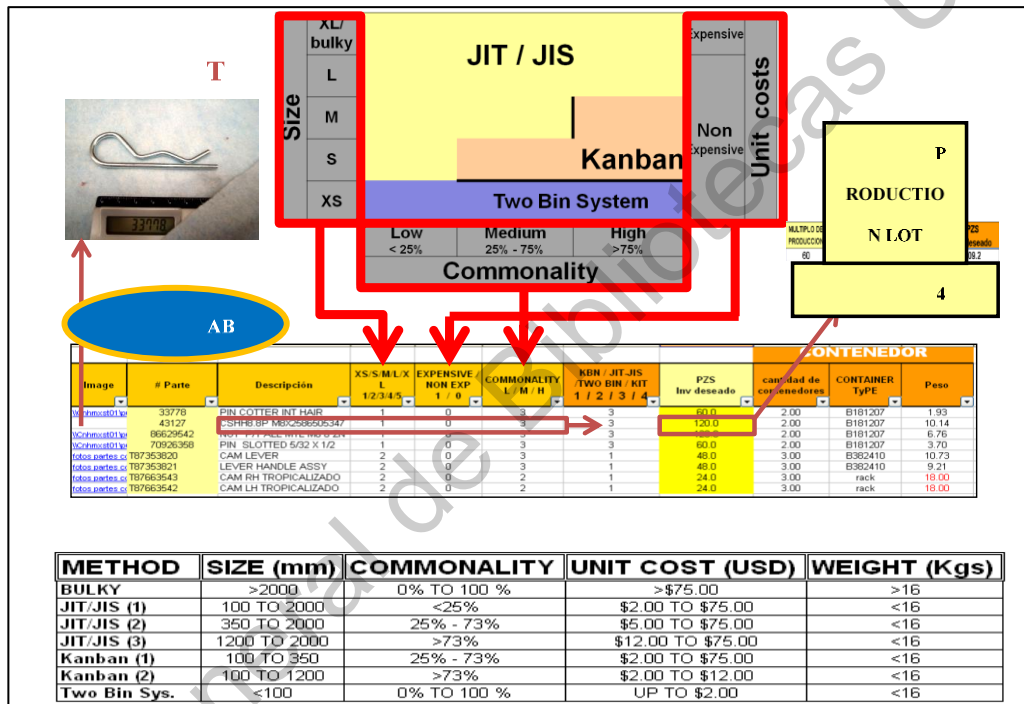
# PARTE	DESCRIPCION	RACK	DESCARGA EN SISTEMA
2852071	EMPAQUE DE ESCAPE	LF-01-D	LFV
4895133	EMPAQUE	LF-01-D	LFV
81810390	ENS. PERNO Y ARGOLLA	LF-01-D	LFV
81825893	ARA PLA 1/2 13X27X2.5	LF-01-D	LFV
81870291	VALVULA SOLENOIDE	LF-01-D	PTETP6
82002740	TAPON 9.53X10	LF-01-D	LFV
82880843	TOR HEX M8X1.25X25 G8.8	LF-01-D	LFV
82980531	CALCOMANIA SELECTORA	LF-01-D	LFE11
82980547	CALCOMANIA SELECTORA DE PROF	LF-01-D	LFE11
82982957	KIT PERNO Y ROLD. Y BRAZOS	LF-01-D	LFV
82988884	ENS. TUBO ESCAPE PINTADO	LF-01-D	LFV
82989217	ENS. TUBO DE ESCAPE	LF-01-D	LFV
82989371	ENS. TUBO ESCAPE	LF-01-D	LFV
9804264	TORN M10X1.5X50 G8.8	LF-01-D	LFV
83935787	ARA PRE 7/16	LF-01-D	LFV
83905090	TOR HEX M10X1.5X30 G8.8	LF-01-D	LFV
83925530	CALC. SELECTORA DE PROF.	LF-01-D	LFE11
83925531	CALCOM. SELEC. DE LEVANTE	LF-01-D	LFE11
10571779	ROLDANA DE PRESION M8	LF-01-D	LFV
83955887	TOR HEX M12-1	LF-01-D	LFV
83956901	PERILLA NEGRA	LF-01-D	LFE8
N/A	CONECTOR PLUG IN SOLENOIDE	LF-01-D	
83988445	EMP. TAPA VALVULA SOLENOIDE	LF-01-D	PTETP6
85700614	TAPON CUBREPOLVO CHASIS	LF-01-D	LFV
85700666	TAPON CUBREPOLVO	LF-01-D	LFV
85700672	ROLDANA M10	LF-01-D	LFV
83919776	ENS.CLAMP-TUBO DESCARGA	LF-01-D	LFV
85700893	TAPON CUBREPOLVO	LF-01-D	LFV
82984114	INTERRUPTOR DE PRESION	LF-01-D	LFV
87583927	MOTOR DE ARRANQUE	LF-01-D	LFV
87637107	EMPAQUE DE ESCAPE	LF-01-D	LFV
500338952	MARCHA FIAT	LF-01-D	LFV
590353	TAPON	LF-01-D	LFV
5085461	CHAVETA	LF-01-D	LFV
5100516	ESPACIADOR D=17X32X5	LF-01-D	LFV
11306921	TOR HEX M10X12.5X30 G8.8	LF-01-D	LFV
15919407	TORNILLO PHILLIPS CAB	LF-01-D	LFV
16249821	TOR HEX M16X1.5X35 G8.8	LF-01-D	LFV
81823756	PERNO 3/8X1.14	LF-01-D	LFV
82980750	PERNO INF-BRAZO	LF-01-D	LFV
83415765	CHAVETA 1/8X.75	LF-01-D	LFV
83926806	ARA PLA 1/4 7X16X1.5	LF-01-D	LFV
81821509	TOR HEX 1/4-20X.75 G5	LF-01-D	LFV
82982957	KIT PERNO Y ROLD. Y BRAZOS	LF-01-I	LFV
10902821	TORNILLO M6X1X30	LF-01-I	LFV
16050721	TOR.HEX M14X2X20 G8.8	LF-01-I	LFV
81845769	ARA PRE 5/16	LF-01-I	LFV
81810390	ENS. PERNO Y ARGOLLA	LF-01-I	LFV
83935046	ROLD.DE PRESION 1/4	LF-01-I	LFV
81815677	AMORTIGUADOR	LF-01-I	LFV
81820928	ESPACIADOR ESTRIBOS	LF-01-I	LFV
73401914	TUERCA M12X1.75 IZQ	LF-01-I	LFV
81821104	TORN 5/16-18X.75 HEX	LF-01-I	LFV
83917225	ARA PRE 3/4	LF-01-I	LFV
81821509	TOR HEX 1/4-20X.75 G5	LF-01-I	LFV
81821205	TOR HEX 3/8-16X1.00 G5	LF-01-I	LFV
81821263	TOR HEX 3/8-16X1.50 G5	LF-01-I	LFV

Fuente: CNH Industrial (s.f.)



De las cuales cada una deberá analizarse para determinar el posible método futuro de abastecimiento a la línea desde el almacén este método analizado bajo el siguiente criterio mostrado en la figura 2.22.

Figura 2.22. Matriz ABC de definición de método de surtimiento



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

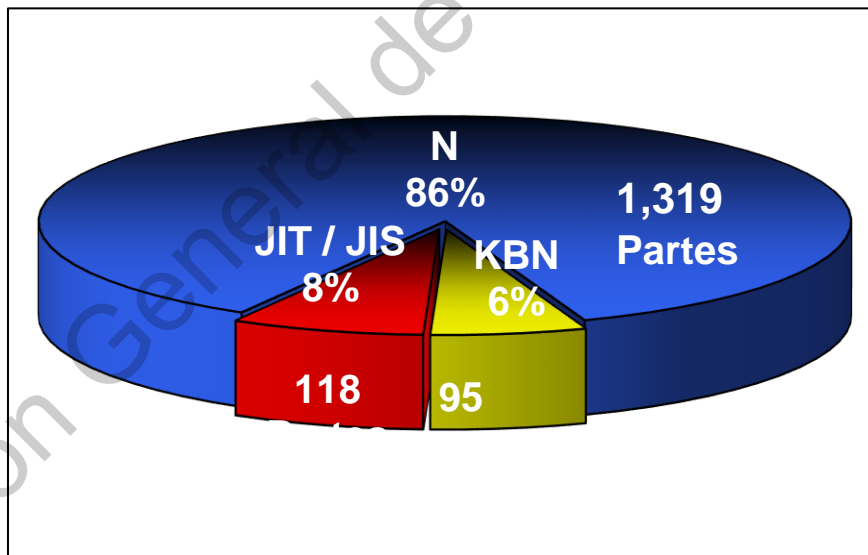
El total de las piezas fueron analizadas y reflejadas en la lista mostrada en el anexo C pero es importante hacer mención que el análisis es solo una referencia para entender el cómo darle el trato a cada número de parte involucrado en el área de producción ya que en mezcla este método puede variar y de acuerdo a su forma y tamaño y/o si este puede ir acompañado de otro componente.

Como se ilustra en la figura 2.22 se debe de tomar en cuenta el tamaño de la pieza, costo y que tan común es en los ensambles en nuestras áreas de producción

Ejemplo: si una parte es pequeña como un tornillo y su valor es de \$2 pesos pero menos a \$12 pesos y su peso es menos a 16 kg (un tornillo pesa gramos), según nuestra tabla nuestra pieza es considerada bajo un manejo bajo sistema de two-bin (dos contenedores). En el caso de la selección en Kan-ban este dependerá del tipo de pieza y de su costo que puede ir desde \$2 pesos hasta \$75 pesos pero también se puede tener un criterio de la criticidad de la parte ejemplo si es pequeña y de costo bajo pero esta puede ser tan critica que el no tenerla en tiempo puede generar un paro de la producción.

En el siguiente gráfico manifestamos a manera de resumen el análisis de los 1532 números de parte incluidos en el área de análisis, figura 2.23.

Figura 2.23. Gráfico inicial de clasificación de materiales



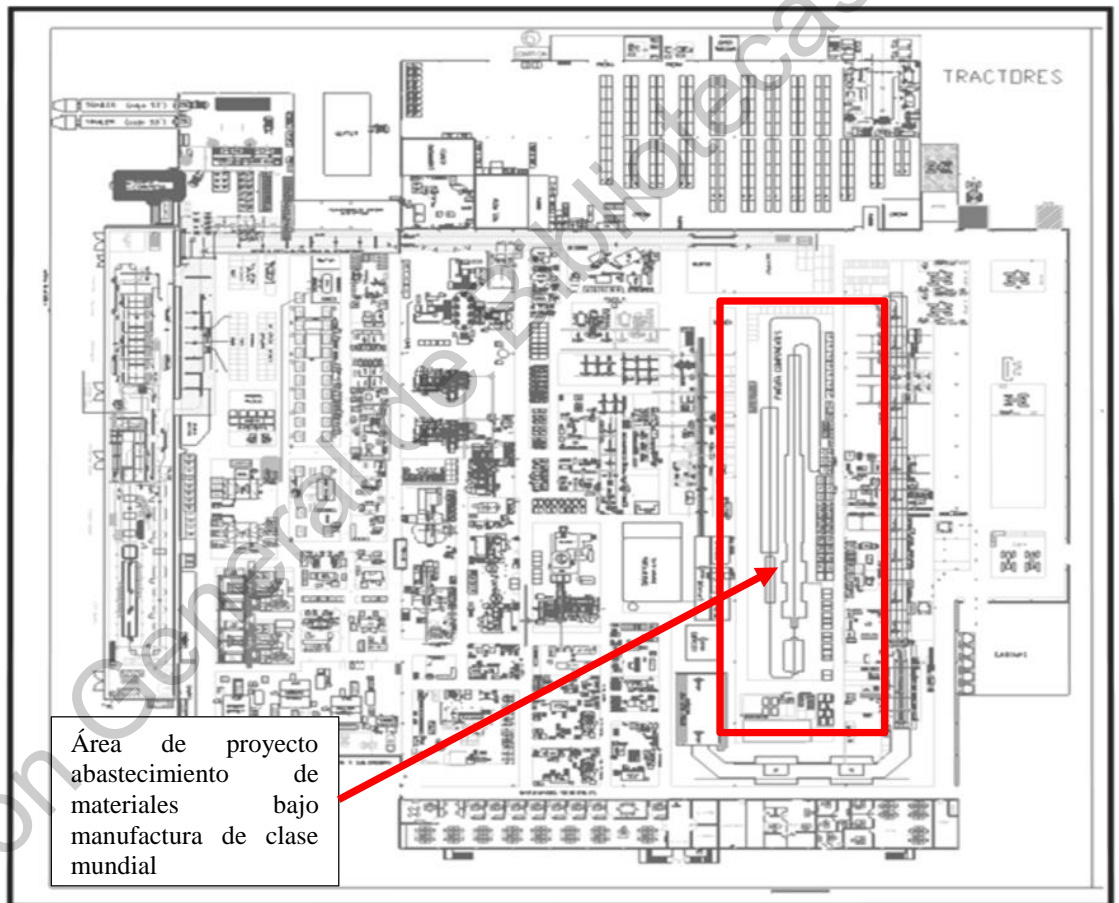
Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Estos resultados manifestados en porcentaje se derivan de la matriz ABC figura 21, de otra manera significa que el 8% de nuestras partes pueden ser alimentadas a la línea de producción bajo el método de Justo a tiempo y/o justo en secuencia, con el 86% de las partes en método Two bin (dos cajas) solo el 6% por ciento en el método kan-ban.

Ahora que se tienen los datos es importante saber gráficamente donde está el área la cual estamos analizando y/o donde se encuentra nuestro proyecto.

El cuadro marcado dentro el lay out nos muestra la ubicación del área de ensamble final, ver figura 2.24.

Figura 2.24. Layout del área del proyecto

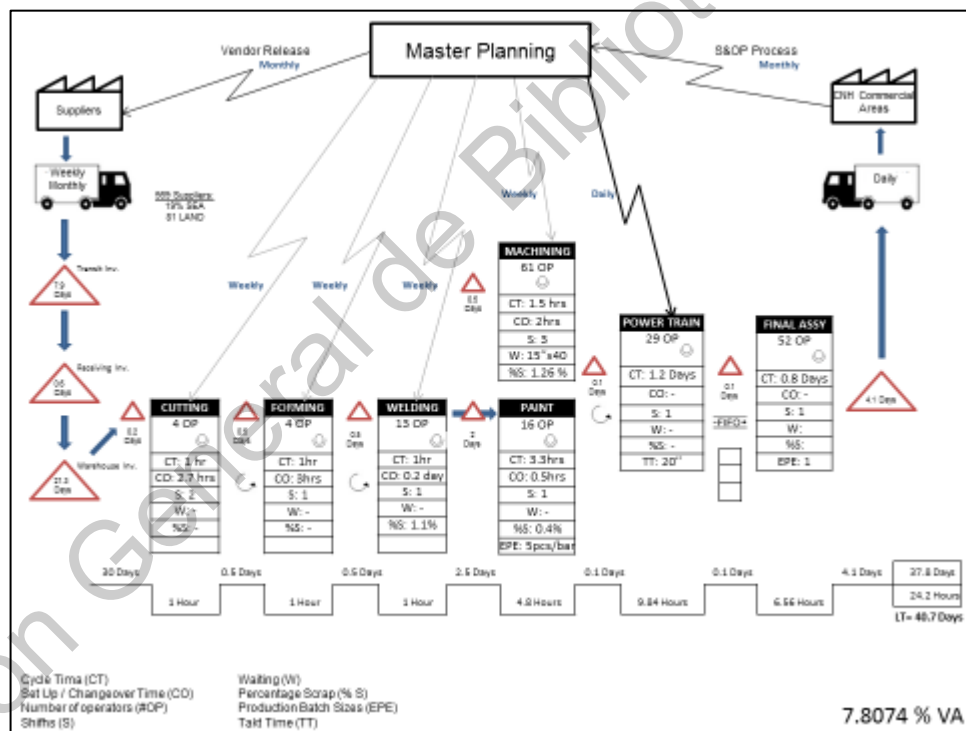


Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Que en una porción digamos en espacio del 20% de todas las instalaciones, pero es el área más importante y con la mayor complejidad por la cantidad de números de parte que ya hemos mencionado con anterioridad.

Adicionalmente hemos aplicado otra herramienta para entender el proceso de manera general de la compañía donde se realiza el proyecto, es un VMS inicial, así entendemos de manera más simple nuestro proceso general, En la figura 2.25 el VSM nos muestra el proceso entero del negocio mostrando el flujo global de negocio donde se incluye desde el proveedor, los procesos, la reducción al momento del ejercicio y su tiempo tacto. Así mismo nuestro VA (valor agregado) que es del 7.8074%.

Figura 2.25. VSM inicial-proceso completo de planta



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Para la realización del estado inicial del VSM, se partió de una selección de familias de la demanda de cada producto de la compañía, las familias de partes se agrupan dentro de los siguientes modelos: S10, TT, G154, Tier IV, dentro de las principales, siendo el

modelo S10 el de mayor demanda, a continuación, se muestra en análisis de la demanda para los distintos modelos,

Tabla 2.1.

Tabla de demanda y selección de familia

TRACTORES CNH INDUSTRIAL													
MARKET	JAN PLAN	FEB PLAN	MAR PLAN	APR PLAN	MAY PLAN	JUNE PLAN	JUL PLAN	AUG PLAN	SEPT PLAN	OCT PLAN	NOV PLAN	DEC PLAN	TOTAL
MEXICO	241	351	278	319	344	346	211	292	264	419	348	220	3633
NAFTA	18	27	40	47	77	59	52	61	78	79	108	59	705
LATAM		4	4				9		9	2		10	38
APAC	46	16	37	53	17	24	43	41	29	21	2	10	339
EMEA	32		40	22	3	12		6		8	2		125
<b>TOTAL</b>	<b>337</b>	<b>398</b>	<b>399</b>	<b>441</b>	<b>441</b>	<b>441</b>	<b>315</b>	<b>400</b>	<b>380</b>	<b>529</b>	<b>460</b>	<b>299</b>	<b>4840</b>
MEXICO	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUNE	JUL	AUG	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
TOTAL S10	212	237	196	199	109	195	102	163	138	228	128	74	1981
TOTAL TT	40	60	92	90	95	93	62	95	96	91	91	26	931
TOTAL TS6000	4	12	8	15	12	10	13	8	9	8	8	10	117
TOTAL TS6	59	55	57	84	121	77	74	69	53	57	35	28	769
TOTAL FAA	2	7	6	6	6	7	4	4	6	11	10	8	77
TOTAL TS4	12	18	22	32	56	55	45	58	69	72	96	52	587
TOTAL FA4	6	9	18	15	21	4	7	3	9	7	12	11	122
<b>T O T A L</b>	<b>335</b>	<b>398</b>	<b>399</b>	<b>441</b>	<b>420</b>	<b>441</b>	<b>307</b>	<b>400</b>	<b>380</b>	<b>474</b>	<b>380</b>	<b>209</b>	<b>4584</b>
TOTAL STD HRS	18936.4	22073.7	22104.5	25269.6	26584.8	25248.9	18916.3	23049.3	22312.0	30268.4	27205.2	18242.1	280211.2

Fuente: CNH Industrial (s.f.)

En la fabricación del producto y basado en la información de manufactura, la planta lleva a cabo los siguientes procesos de manera global, en la primera etapa del procesos se encuentra el área de corte, el cual basados en la información del VMS es un procesos rápido por la naturaleza de las partes ya que son piezas de corte por láser, el lead time de ésta área está dentro de los 60 minutos, posteriormente ya que los componentes salen del procesos anterior tenemos un procesos denominado “formado” cuyos lead times de entrega oscilan alrededor de 60 minutos, muy similar al área de soldadura, el siguiente proceso. Sin embargo, éstas últimas dos etapas presentan una menor cantidad de inventario debido a la alta movilidad de las piezas al siguiente proceso. Soldadura en particular tiene una mayor cantidad de operadores, debido a que el proceso tiene que ser simultaneo ya que se trabaja bajo el concepto de celdas de manufactura, donde cada celda

fabrica una cierta familia de productos, lo que ocasiona la necesidad de trabajar procesos paralelos para lograr satisfacer la demanda del siguiente proceso. Las siguientes dos áreas o etapas del proceso del tractor son “Maquinados” y “Pintura” maquinados tiene un lead time de entrega de 1.5 horas, cosa que pintura tiene un tiempo mayor y es de 3.3 hrs. Debido al tipo de tratamientos químicos que conlleva el sistema de pintura y secado, éstas áreas como se observan en el VSM representan la mayor cantidad de inventario, debido a la necesidad de tener buffer para no parar procesos subsecuentes, en maquinados los tiempos ciclo son largos para las partes principales como la transmisión debido a la complejidad de especificaciones que se tiene en la calidad del producto. Pintura básicamente por la naturaleza del proceso y tratamientos de las partes pintadas.

Posteriormente como se aprecia en el VSM se tiene las dos siguientes áreas más fuertes en cuanto a ensamble y costo del inventario nos referimos, se trata de “power train” y “línea de ensamble final”, power train tiene un lead time de 1.2 días y una cantidad de 29 operadores, esto debido a que en ésta área la mayor parte de las actividades son operaciones de sub-ensambles y ensambles para la generación y transformación del chasis, además de ciertas pruebas hidráulicas. El área de línea final en su caso, representa el área con mayor cantidad de operadores, 52 operadores a lo largo de la línea entre ensambles y sub-ensambles y tiene un lead time de 0.8 días, en cuestiones de inventario puede apreciarse que a pesar de ser áreas largas los niveles de inventario son bajos, debido a que son etapas de salida del producto y difícilmente se tiene sobreproducción, ya que la fabricación de éstas áreas, power train y línea final, están ancladas a una cadena de velocidad constante, en el cual el chasis está constantemente en transformación y forzar la salida del producto en los tiempos ciclos establecidos.

Por consiguiente, en línea final, es donde enfocamos éste proyecto debido a los altos costos logísticos directos, indirectos y de inventario que representa para la compañía

A continuación, generamos un programa de actividades para el desarrollo de las actividades las cuales incluyen las ya mostradas para continuar con los pasos de reingeniería de nuestra logística de abastecimiento de los materiales bajo conceptos de manufactura de clase mundial (Anexo B).

Como parte del proceso están las 5 ´s las cuales se deben realizar en conjunto con el pilar de organización del trabajo. Algunos ejemplos de materiales retirados que no tenían prácticamente uso en el área de muestran en las siguientes fotografías de la figura 2.26.

Figura 2.26. Material removido después de 5 ´s



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Como resultado global del ejercicio se han removido del área 751 materiales no productivos sin uso de entre las líneas de ensamble. Estos materiales serán devueltos al almacén de partes de indirectos y/o otras a destrucción debido a que no tiene tienen usos ni para otras áreas.

Nota: esta actividad es de alta importancia así evitamos que logística fabrique equipos para estos materiales sin uso.

Continuando con las 5 's del área se debe marcar los lugares donde alimentaremos los carros con materiales, como se muestra en ls siguientes fotografías.

Cada ilustración de la figura 2.27 muestra lugar fijo y asignado para abastecer las partes y/o carros con materiales.

*Figura 2.27.* Identificación visual de lugar asignado para carros de abastecimiento de material

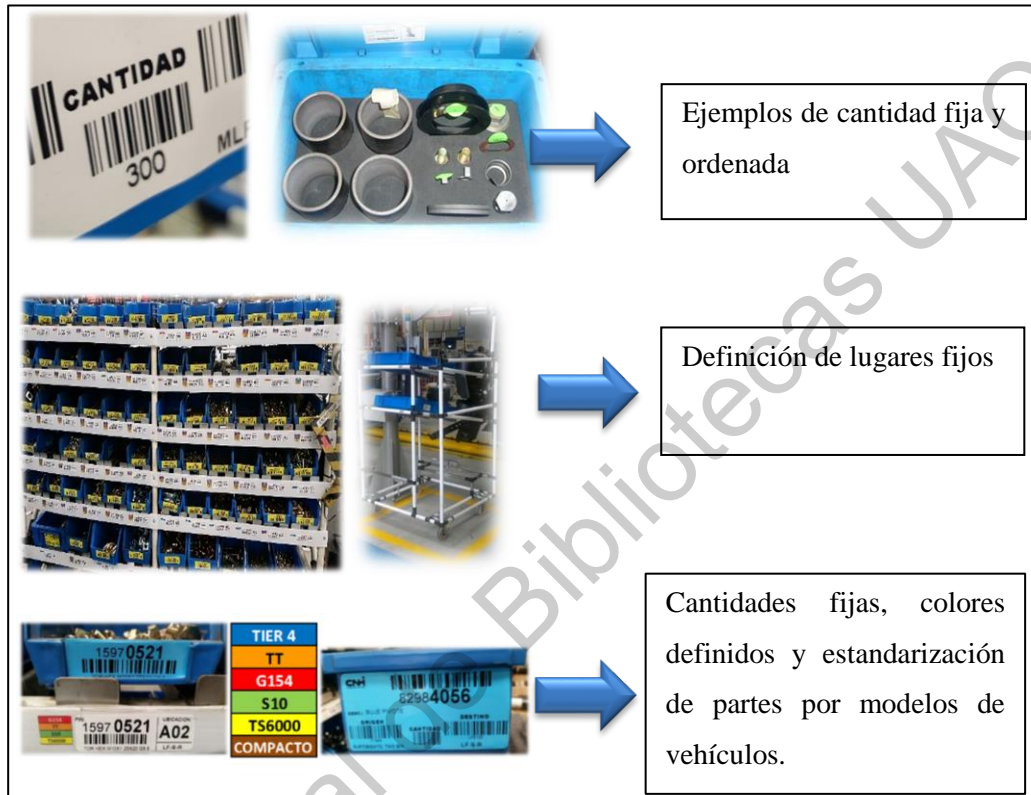


Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Para cada parte según la matriz de clasificación de los materiales debemos de establecer una cantidad fija y está colocada de manera ordenada (Figura 2.28).



Figura 2.28. Estandarización de los materiales



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Nota: es importante entender que la línea de producción es una línea continua la cual es movida por un transportador automático y en esta se pueden fabricar cualquier modelo de vehículos razón por la cual se debe de identificar cada material para que tipo de modelo aplica.

#### 2.4.2. Desarrollo del paso 1: Reingeniería de las líneas para satisfacer al cliente

La línea de ensamble como se ha mencionado con anterioridad, posee una gran cantidad de variantes, lo que hace un abastecimiento más complejo y por consiguiente una mayor cantidad de materiales, debido a ello es importante mencionar que el porcentaje de gente dedicada al surtimiento de partes, entre ellos montacarguistas y surtidores.

El primer dato del cual partiremos en la iniciación del proyecto contempla una plantilla de 14 personas de tiempo completo de la compañía dedicadas exclusivamente para los materiales de la línea de ensamble, cabe destacar que el costo de mano de obra indirecta también representa un alto beneficio cuando se optimiza dicho recurso, impactando directamente en la pérdida de administración de materiales dentro del cual viene incluido el costo logístico por mano de obra indirecta, dentro de ello estaremos mencionando la cantidad de gente que se logró reducir a lo largo de la implementación de cada una de las fases del proyecto.

El primer paso de la logística requiere un análisis detallado de cada una de las partes de la línea de ensamble, dentro de este análisis esta la implementación de las 5's en cada una de las áreas, la otra parte del análisis se complementa de una clasificación de materiales. Como resultado se retiraron de la línea de ensamble 751 materiales que no se necesitaban en el área de trabajo, ver figura 2.29.

En las imágenes de la figura 2.29 se muestran algunas áreas como fueron retirados los materiales que no eran necesarios, obteniendo como resultado áreas más limpias, ordenadas, sin amontonamiento y sobre todo únicamente materiales que serán utilizados en la producción.

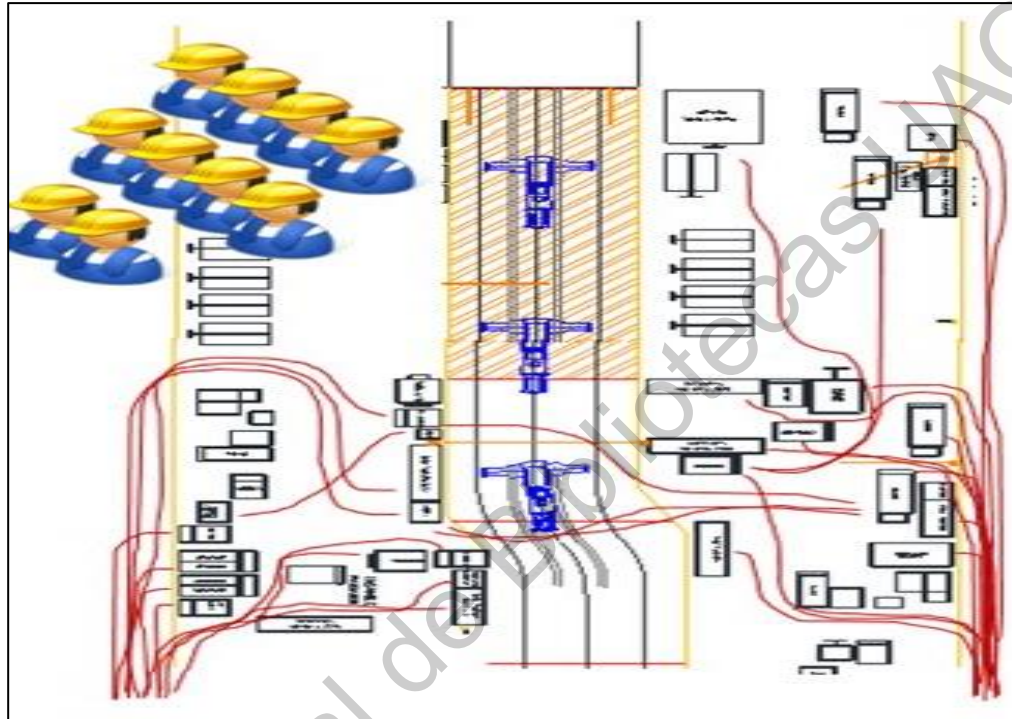
Figura 2.29. Materiales innecesarios en las estaciones de trabajo



Figura 2.29.Fuente: CNH Industrial (s.f.)

En esta fase se realizaron estudios de diagramas de espaguete, cuya herramienta es utilizada para medir caminatas durante el flujo de materiales, generalmente se hace de dos maneras por operación (al operador) y por abastecimiento (al surtidor). De los 14 surtidores iniciales pertenecientes al almacén general, cada uno de ellos realizaba un recorrido diario promedio de 4.3 km para llevar a cabo sus funciones de abastecimiento, lo que representa un promedio de 103 recorridos (vueltas) a la línea de ensamble y no necesariamente por que la línea de ensamble estuviera lejos, sino más bien a la falta de estándares logísticos para la forma en que deben ser entregados los materiales. En la figura 2.30, se muestra este análisis de recorridos del personal de abastecimiento de materiales hacia las estaciones de trabajo.

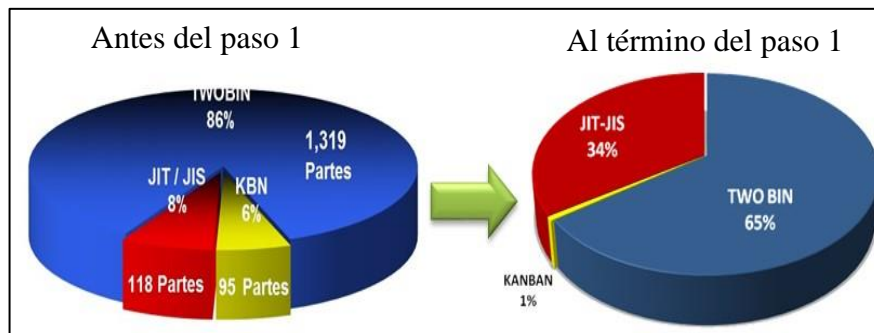
Figura 2.30. Diagrama de espagueti de los de los surtidores hacia la línea de ensamble



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Dentro de esta primera fase es fundamental realizar la primera clasificación de materiales en base a los estándares de surtimiento de las 1532 piezas, las cuales quedaron manifestadas de la siguiente manera (Figura 2.31).

Figura 2.31. Matriz de materiales al final del paso 1

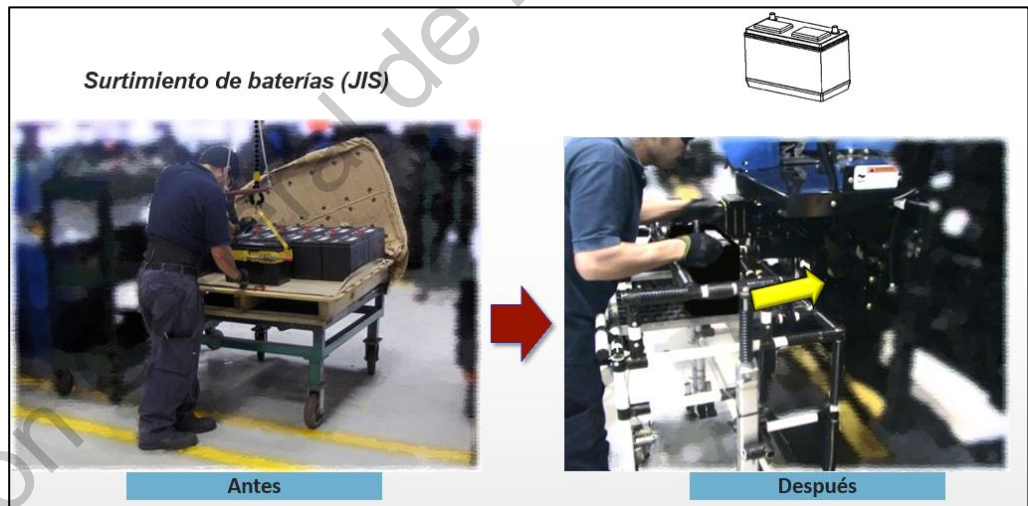


Fuente: CNH Industrial (s.f.)

En la figura anterior se muestra la optimización que se tuvo con la implementación del paso 1, (ver detalles por número de parte en el anexo D), se aprecia una ligera disminución del sistema two bin de un 86% a un 65%, de la misma manera una ligera reducción del kan ban y un incremento en el sistema de surtimiento JIT-JIS dado que estos últimos métodos son lo que por definición deben considerar menos inventario en las áreas productivas que los otros métodos de abastecimiento.

Las siguientes imágenes de la figura 2.32 muestran un claro ejemplo de la eficiencia que generan los métodos de surtimiento aunados con el manejo del material para la reducción del no valor agregado logístico.

Figura 2.32. Matriz de materiales al final del paso 1



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Los indicadores dentro de los cuales se tiene un impacto logístico en esta fase del proyecto se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2.2.

*Tabla de Indicadores al cierre del paso 1*

<b>AHORROS/ BENEFICIOS</b>	<b>PASO 1</b>
<b>INVENTARIO EN LÍNEA</b>	<b>\$2,569,202</b>
<b>REDUCCIÓN DE NVAA</b>	<b>\$688,898</b>
<b>REDUCCIÓN TOTAL DE INVENTARIO</b>	
<b>ESPACIO</b>	<b>1,378 m2</b>
<b>TRANSPORTACIÓN</b>	<b>\$</b>

Fuente: CNH Industrial (s.f.)

**Conclusión:**

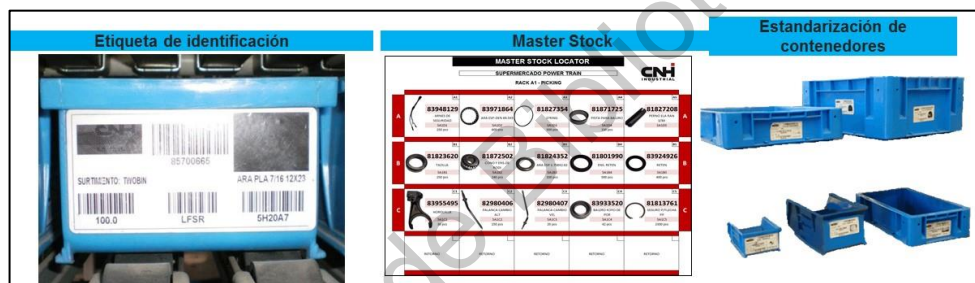
Como se aprecia en la tabla el mayor impacto de la implementación del paso 1 de logística para abastecimiento de materiales influye directamente sobre el inventario en línea (WIP) y la reducción del no valor agregado. El WIP como impacto en menos cantidad de materiales y el NVAA como reducción de personal sobre quienes mueven materiales.

**2.4.3. Desarrollo del paso 2: Reingeniería de la logística interna.**

Como se ha mencionado con anterioridad, la implementación de esta etapa va orientada a la reducción de los inventarios aún más, se trata de un indicador que debe ser progresivo, así como las actividades de no valor agregado logísticos, partiendo del análisis de surtimiento de los materiales base a la matriz de clasificación, pero esta ocasión bajando el nivel de inventario en la línea de producción aún más, esto genera un incremento en las frecuencias de surtimiento.

Como parte de los primeros estándares de esta fase consiste en estandarizar la información de cada uno de los materiales, para que los métodos de surtimiento sean respetados por cada uno de los surtidores y sus respectivos materiales a surtir, a continuación una imagen, figura 2.33 que muestra el tipo de datos, etiquetas y formatos que se utilizaron.

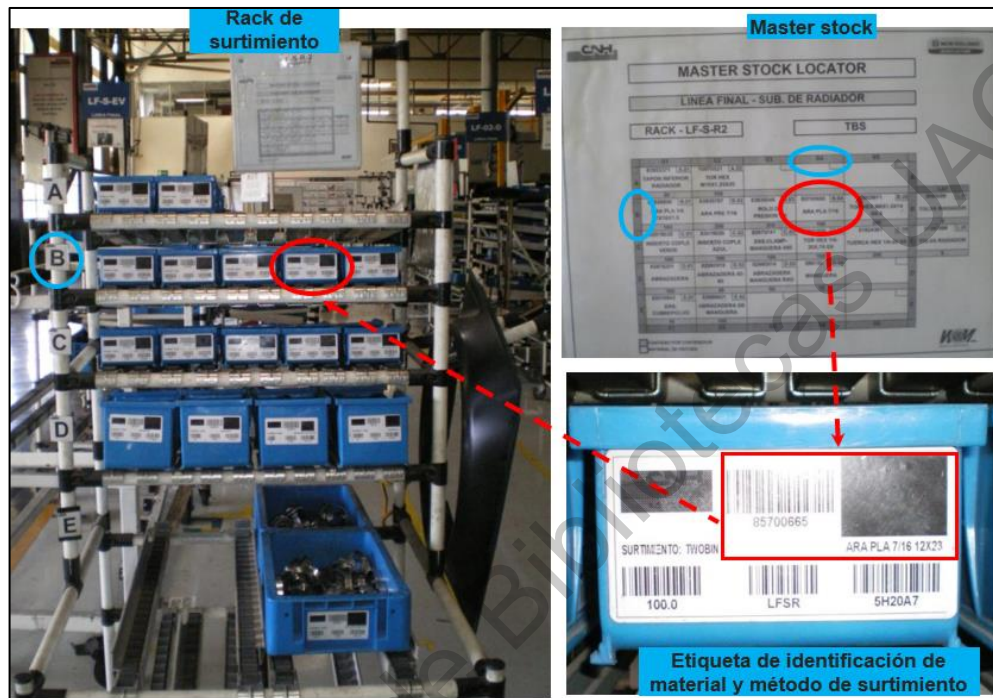
Figura 2.33. Estándares de información



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Estos 3 elementos de estandarización de la información representan el apoyo fundamental para los abastecedores de materiales, ya que les indica de manera visual que materiales deben contenerse y el método bajo el cual deben de ser surtidos, este tipo de información se aplicó a lo largo de toda la línea de ensamble, véase figura 2.34.

Figura 2.34. Implementación de los estándares de información



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Dentro de esta fase hay una herramienta logística conocida como las 5t's (ver anexo E), que complementa a las 5's que se aplicaron en el paso 1 de la metodología para el abastecimiento, las 5t's consisten en:

- 1) Fijar rutas de surtimiento
- 2) Fijar/definir cantidades de surtimiento
- 3) Fijar el lugar de surtimiento y la posición de los carros y racks en las estaciones
- 4) Estandarización de los códigos de colores para los distintos modelos
- 5) Estandarización de la información.

Las 5t's nos dan un mejor soporte para respetar los estándares de surtimiento que se van estableciendo, cabe destacar que las 5's, las 5t's y los niveles de



inventario en la línea constantemente pueden cambiar, ya que el objetivo va orientado a reducir el nivel de inventario y lograr en lo mejor posible un sistema justo a tiempo.

En la figura 2.35, se puede ver el resultado una vez implementado las 5t's, en conjunto con las 5's y definición de métodos de surtimiento con menos inventario, los indicadores se mostrarán al final a manera de tabla resumen.

Figura 2.35. Las 5t's implementadas en el área de ensamble



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

La cantidad de materiales que se encuentra en la línea involucraron formas de manejo y cantidades hasta esta etapa, pero hay otro rubro que es demasiado importante para una logística de abastecimiento, respetar el FIFO de cada material, cuando no se respeta este “primeras entradas, primeras salidas” la línea de producción y los almacenes

representan un riesgo de obsolescencia de los materiales, para lo cual se llevó a cabo un proyecto de mejora en el sistema de control de primeras entradas , primeras salidas.

En los almacenes tradicionalmente en cada pallet ingresado a planta, se colocaba una hoja de color, para identificar el mes de ingreso, y así validar base a un sistema de auditoria interna el cumplimiento de este estándar.

Actualmente y derivado de la necesidad de control de los materiales para el abastecimiento bajo concepto wcm, se llevó a cabo una mejora en el sistema de MRP de la compañía, integrando en un campo del sistema un dato adicional, denominado lote serie, que indica la referencia de recibo para poder consumir o transferir el material según el orden de ingreso al almacén. Esta implementación se realizó no solo para los 1532 números de parte de la línea de ensamble, sino para todos los materiales directos que ingresan a planta. La figura 2.36, explica brevemente dicha mejora en el sistema.

Figura 2.36. Aplicación de lote serie en el MRP de planta

**Concepto tradicional**

MATERIAL EXCEDENTE  
83959512  
EN GRANE NEGRO  
235 24/07/15 C.R.

**Concepto nuevo**

Industrial

icbr002.p 2\* 3.2 Inventory Detail by Item Browse 17/02/16

Item Number	Site	Location	Lot/Serial	Status	Output Terminal
73337015	100				
<b>Description</b>					
UBULVLR RDD-LUJO DOBLE	100	UR P2	QOH Nettable 710.0	QOH Non-nettable 31.0	
<b>Lot/Serial</b>					
Location Ref	Lot/Serial	Status	Created	Qty on Hand	Grade Net
	22011R	SSR	02/11/15	40.0	
	22014R	SSR	02/11/15	40.0	
	22020R	SSR	02/10/15	40.0	
	22060R	SSR	02/11/15	40.0	
	22000R	SSR	02/10/15	40.0	
	22110R	SSR	17/02/15	40.0	
	22113R	SSR	02/11/15	40.0	

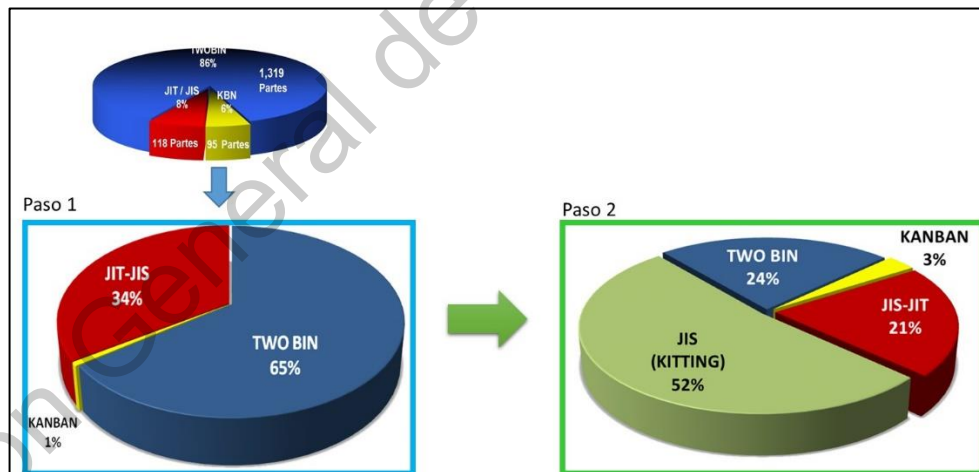
Se agregó el mes, a cada pallet ingresado en Sistema.

Con esta acción el surtidor tiene más información para saber que pallet tomar, adicional a la hoja pegada en el pallet.

Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Hasta esta etapa del proyecto, el FIFO y las 5t's, son herramientas que nos dan soporte a la implementación de los métodos de surtimiento, pero el impacto fuerte como hemos mencionado reiteradamente está en el nivel de inventario en la línea y el no valor agregado logístico. En este paso 2 de reingeniería logística, se volvieron a evaluar el universo de materiales, pero esta vez el análisis está más orientado a eliminar o reducir los NVA logísticos e inventarios. Nuevamente a manera de gráfico, en la figura 2.37 se muestra el detalle de la evolución de los métodos de surtimiento. En el Anexo F se localizan los datos de la obtención de los gráficos.

Figura 2.37. Evolución de los métodos de surtimiento hasta paso 2



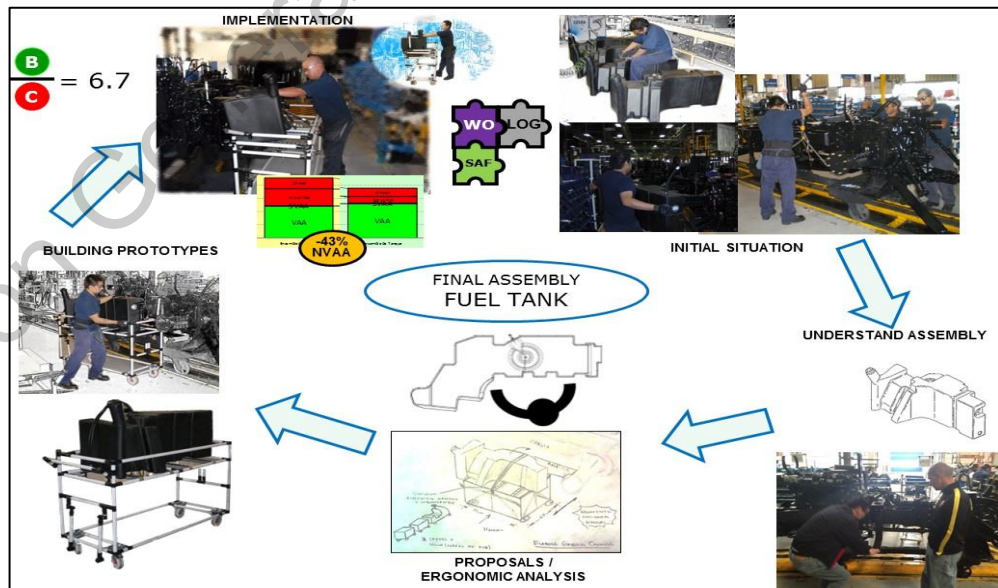
Fuente: CNH Industrial (s.f.)

En los gráficos de barras se aprecia una disminución del método de surtimiento two-bin, de la misma manera disminuye un 13% el sistema jit/jis, esto debido a que gran cantidad de materiales ahora se integraron al método de surtimiento kitting (jis), el método de kitting es mucho más eficiente para los surtidores ya que involucran dentro de un mismo equipo de manejo, varios números de parte que involucran una determinada zona

de trabajo en la operación, por ejemplo algunos subensambles que se realizan en las estaciones de trabajo son tanques y radiadores, el concepto de kit involucra los materiales que lleva todo ese subensamblable, de tal manera que la estantería tubular que se tiene para los bins, es sustituida por un carro de manejo, donde se pueda realizar la operación de subensamblable y contenga las partes para la operación, eliminando traspaleos de materiales, exceso de inventario en bins, espacio de los carros de manejo en la estación principalmente, nos estamos refiriendo a los nva logísticos en la operación.

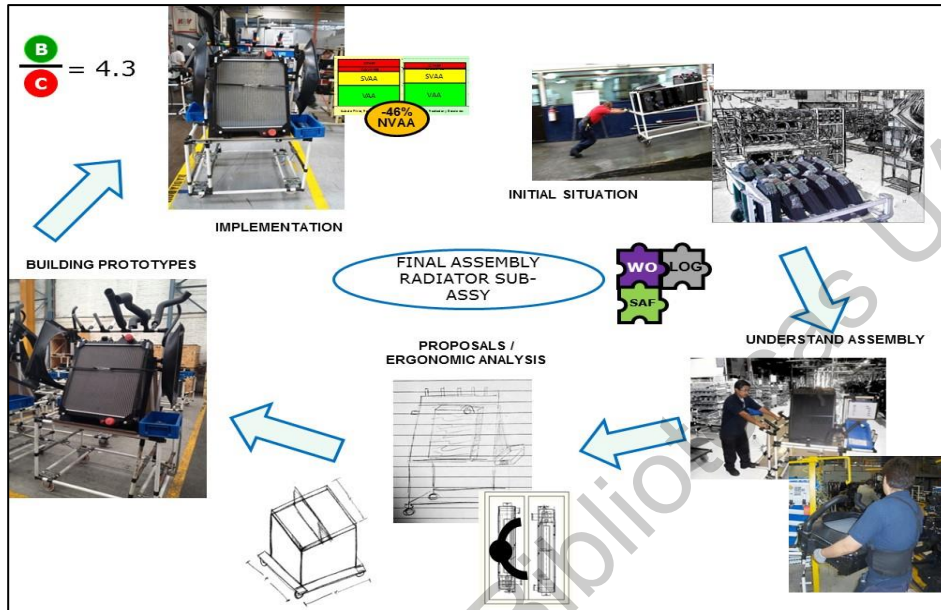
Las siguientes figuras 2.38 y 2.39 muestran un par de casos de mejora en el surtimiento y eficiencia del NVA logístico para la operación de estación de trabajo de tanques y radiadores.

Figura 2.38. Optimización en el surtimiento de tanques



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

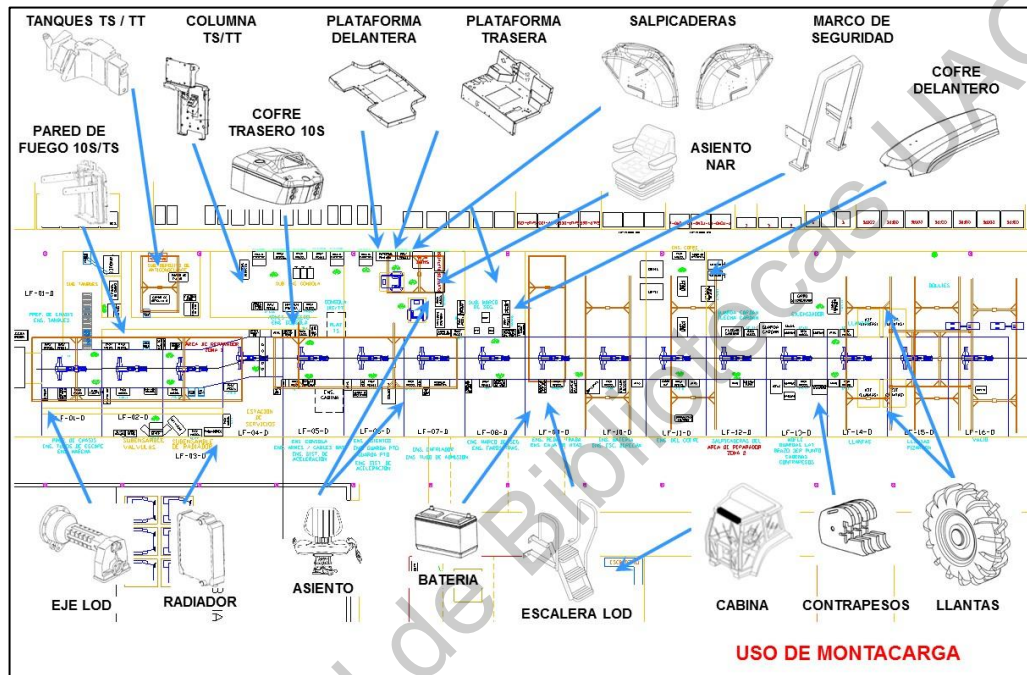
Figura 2.39. Optimización en el surtimiento de radiadores



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Los tanques y los radiadores dentro de la clasificación de materiales ABC, están dentro del grupo de materiales tipo A, de alto costo y demanda, y clasificados como bulky ítems de acuerdo a la tabla de clasificación, ver figura 2.40, mapa de bulky ítems. Es por ello que se determinaron como prioridad principal atacar este tipo de productos, ya que tiene un alto impacto en inventario y costo. Para llevar a cabo la optimización de dichos materiales se llevó a cabo el uso de la herramienta yamasumi board con la finalidad de atacar los desperdicios logísticos principales en cada material tipo bulky.

Figura 2.40. Mapa de bulky ítems en la línea de ensamble



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

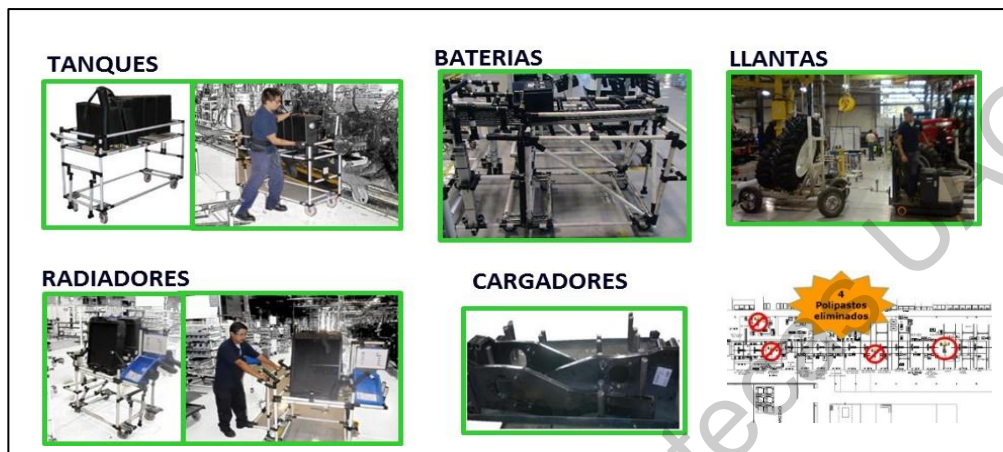
En esta fase son prioridad atacar los desperdicios logísticos de los materiales catalogados como bulky ítems, todos ellos involucran el uso de polipastos.

El profesor Yamashina en el libro del conocimiento de logística, menciona deben ser eliminados completamente el uso de montacargas y polipastos en las estaciones de trabajo de ensamble.

Los métodos de surtimiento establecidos permitieron no solo un estándar para control en el inventario, sino también ergonomía en el manejo y seguridad en la operación.

Hasta esta fase, se logró eliminar de la línea 4 polipastos de los 9 originalmente instalados en la línea y un 70% la reducción del uso de montacargas dentro de la línea de ensamble (Figura 2.41)

Figura 2.41. Materiales en los que se eliminó el uso de polipasto

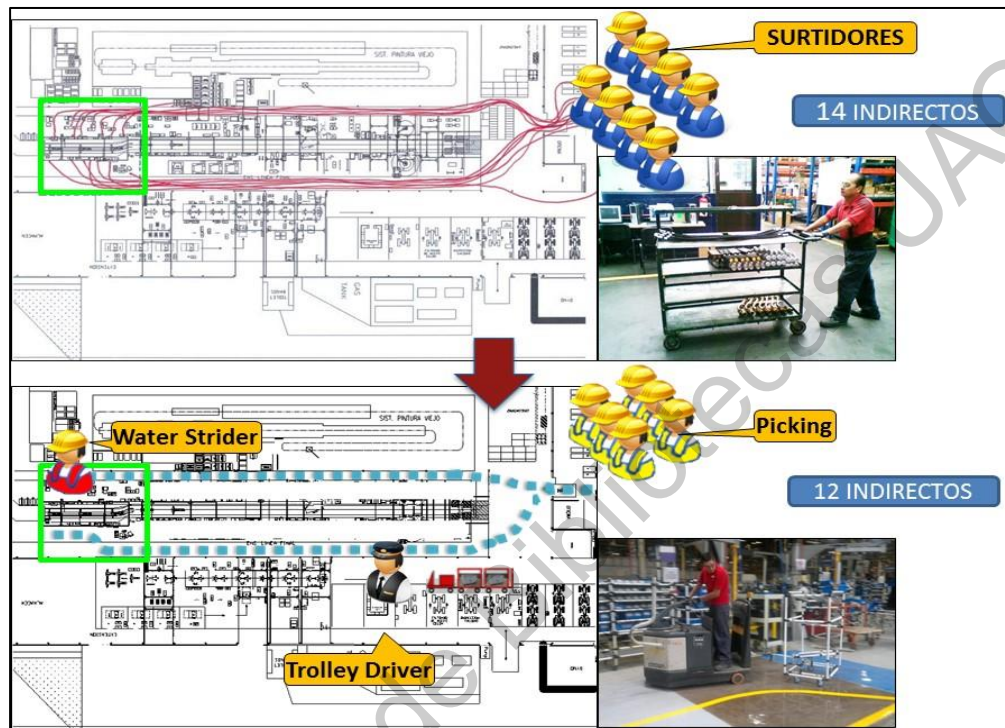


Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Derivado de estos cambios en los estándares de surtimiento de materiales en la línea el almacén tuvo la necesidad de aplicar un rebalanceo de actividades de los operadores/surtidores, logrando con ello la reducción de 2 personas de las 14 que estaban directamente a la operación de parte de la línea de ensamble, 2 personas con montacargas para ser precisos. Incluyó también para la operación del surtimiento un par de trenes de arrastre para maniobra y traslado de los materiales, los cuales se justificaron con la reducción de la renta de los 2 montacargas eliminados y mejorar el tiempo de traslado hacia la línea, cabe destacar como dato ya presentado un surtidor recorría 4.3 km en su rutina diaria, con esto se redujo a 1.4 km su recorrido diario.

La nueva estructura de funciones que realizó el almacén, dentro de las cuales realizó la separación de actividades de la gente que se (Figura 2.42) dedica a preparar los kits, y la gente que se dedica a la entrega de los materiales, con este rebalanceo se mejoró la eficiencia en el surtimiento amortiguando los incrementos en las frecuencias de entrega.

Figura 2.42. Rebalanceo de actividades de surtidores, mano de obra indirecta



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

De tal manera que la estructura de las 12 personas del almacén quedó estructurada en 10 personas que se dedican al picking, 2 personas que realizan la entrega de materiales y cero montacarguistas en la línea de ensamble.

A manera de resumen se presenta la siguiente tabla con los beneficios obtenidos en esta fase de implementación.



Tabla 2.3.

*Tabla de Indicadores al cierre del paso 2*

AHORROS / BENEFICIOS	PASO 1	PASO 2
INVENTARIO EN LÍNEA	\$2,569,202	\$1,130,193
REDUCCIÓN DE NVAA	\$688,898	\$1,588,996
REDUCCIÓN TOTAL DE INVENTARIO		
ESPACIO	1,378 m <sup>2</sup>	
TRANSPORTACIÓN	\$	\$

Fuente: CNH Industrial (s.f.)

**2.4.4. Desarrollo del paso 3: Reorganización de la logística externa.**

A lo largo de la cadena de suministros de los materiales, no solo la logística interna interviene en un proceso de abastecimiento, una vez realizada la reingeniería de la logística interna, se requiere de igual forma trabajar y eficientar la logística externa, recordando que como objetivo principal de esta consiste en eficientar la relación entre los proveedores, los sistemas de transporte y los estándares iniciales en los pasos 1 y 2 de la metodología de logística.

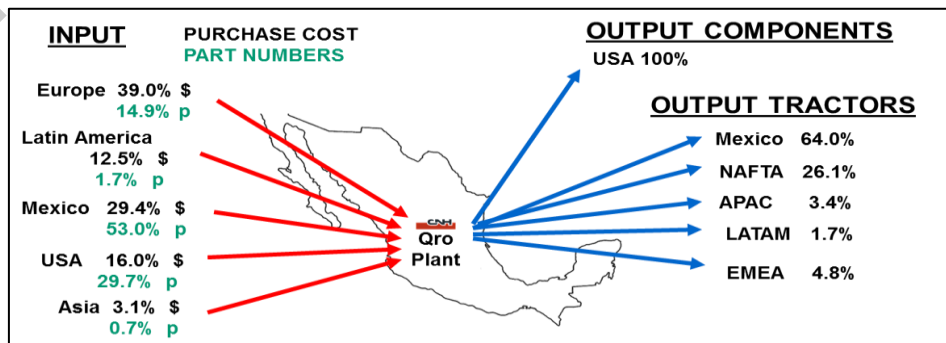
Los objetivos de esta etapa se focalizan en reducir los costos logísticos de transportación y/o su optimización, y ampliar los proyectos de empaques retornables en la planta para la eliminación de cartón, madera, plásticos y otros contaminantes del medio ambiente.

Partiremos de una de las herramientas utilizadas en esta fase conocida como “estandarización de empaques”, dado que en el paso 1 y 2 de logística se estandarizaron la mayoría de los materiales en cuanto al método de surtimiento y manejo, muchas de esas actividades son realizadas por personal interno de la compañía, la finalidad es pasar parte de esas actividades que no agregan valor hacia los proveedores, como por ejemplo los traspaleos de los materiales a los contenedores pueden eliminarse desde una estandarización de empaque de proveedor, de tal manera que el proveedor toma el rol de entregar partes pero con lineamientos de wcm, los traspaleos de algunos materiales, el contar las piezas, la calidad en que deben ser entregadas, deben ser vistas por el proveedor y quitar parte de esa función a los almacenes de la compañía.

Se realizó un estudio para determinar la factibilidad y prioridad de proveedores por atacar con proyectos de estandarización de empaque.

Se consideraron los siguientes factores el impacto económico, es decir nivel de inventario en dinero, y el porcentaje de representatividad en cuanto a cantidad de números de parte por regiones, el resultado se muestra en la figura 2.43.

Figura 2.43. Relación de proveeduría “nivel de inventario-cantidad de números de parte - región



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

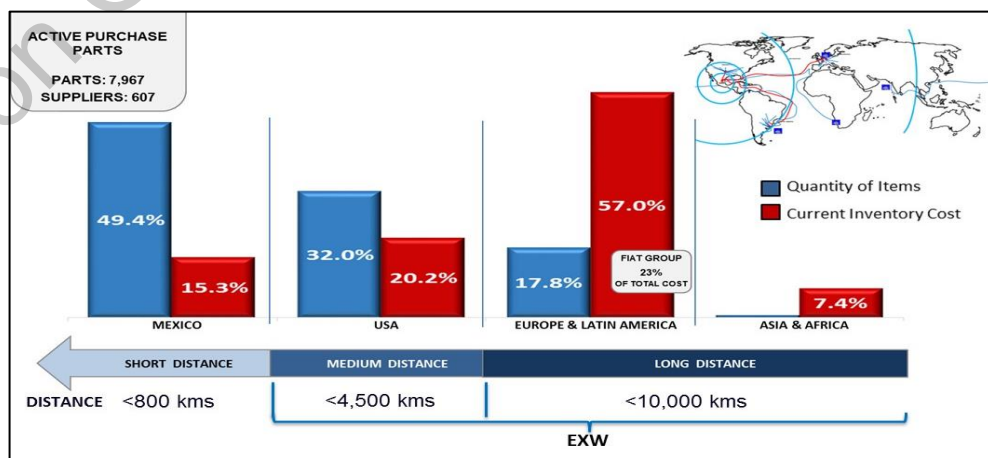
Como se muestra en la imagen anterior, el mayor impacto del nivel de inventario está en Europa, la proveeduría de esa región nos representa un 39% del costo total del inventario en planta, la proveeduría de México representa un 29.4% en cuanto al costo total del inventario, sin embargo, la proveeduría de México (local) impacta en un 53% del total de números de parte activos en toda la compañía.

Parte de esta justificación determinó la decisión de comenzar con proyectos de empaques con proveeduría local, por su impacto en cantidad de números de parte y costo logístico para retorno de contenedores retornables con conlleva esta etapa del proceso.

Para complementar esta decisión se realizó otro estudio para determinar la distancia promedio de la proveeduría y así mismo impactar en proyectos de optimización en costos de transportación.

Se evaluaron las regiones principales de donde hay proveeduría localizada: México, Estados Unidos, Europa, Latinoamérica, Asia y África, véase figura 2.44.

Figura 2.44. Proveeduría en relación de distancia localizada - cantidad de números de parte



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

La imagen anterior nos confirma y soporta la decisión anterior demostrando que lo la proveeduría local tiene una menor distancia, esto como justificación del retorno de contenedores retornables y además impacto en cantidad de números de parte. Por tanto, el siguiente desglose de proyectos que se realizaron para la logística externa abarcarán en su mayoría proveedores locales.

Para poder definir un proyecto de empaque, el Prof. Yamashina en el libro del conocimiento de logística menciona es importante atacar los siguientes elementos:

- 1) Reducción del tiempo desempaque (NVA logístico) en los almacenes y en su defecto algunas líneas de producción.
- 2) Eliminación de uso de cartón y madera.

En esta fase de empaques se trabaja fuertemente con el Pilar de medio ambiente, para efectos de reducción de madera, cartón, plásticos y otros residuos contaminantes.

En el desarrollo de esta fase se realizó un estudio para detectar cuantos proveedores nacionales tenemos, que como mencionamos anteriormente en México tenemos alrededor del 49.4 % del total de números de parte (ver gráfico anterior), se encontraron 22 proveedores Nacionales que en su momento representaron la oportunidad para el desarrollo de esta fase.

En el comienzo de esta fase, se tenía un gasto promedio mensual 4.5 millones de pesos en transportes que entregaban la mercancía directamente a planta, los principales estados involucrados en estas proveeduría son Monterrey, Guadalajara, Querétaro y Estado de México, en estas tres regiones principales los transportes llegaban directamente lo que ocasionaba problemas logísticos como: contenedores no utilizados al 100% de su

capacidad, desbalanceo de nuestros inventarios y por consiguiente un alto costo de transportación.

Para atacar esta pérdida, se recurrió a una herramienta logística denominada “rutas lecheras”, como indicador tomaremos de referencia que a la empresa llegaban un promedio de 42 transportes diarios, a lo mucho a un 55 % de su capacidad, ver figura 2.45.

Figura 2.45. Capacidad de utilización de los contenedores



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Ya revisando la situación de estudio de la logística externa, se comenzó con el área de tráfico a establecer una nueva forma de recolectar los materiales de planta, cabe mencionar que por políticas de compra de la compañía es ex works, los costos de transportación son absorbidos por la empresa CNH de Mexico. En estas formas de recolección se establecieron 3 rutas de consolidación entre los estados de Monterrey, Guadalajara y México, es decir en vez de raer directamente las mercancías de los 22 puntos de salida (22 proveedores) ahora un transporte recolecta material de 2,3,4 hasta 10 proveedores dependiendo la necesidad de la demanda del articulo y los niveles de

inventario en la planta, esto redujo la cantidad de contenedores recibidos en CNH, mejoró la optimización de los transportes y las mercancías llegaban mejor identificadas y en mucho mejores condiciones para el recibo del material.

La programación de las denominadas rutas lecheras son variables, el personal del departamento de tráfico toma la decisión sobre cada ruta dependiendo de las necesidades de recolección del departamento de planeación de materiales.

En lo anterior, relacionado a esta fase mencionamos la deficiencia en la capacidad utilizada de cada transporte, fue a través de los proyectos de empaque que se logró estandarizar el tipo de contenedor, la cantidad, la forma para cada artículo, se tomaron varios proveedores al comienzo, aquellos que representaban a nivel nacional la mayor cantidad de números de parte y mayor desperdicio en los almacenes de madera, cartón y NVA logístico por traspaleos en la mano de obra indirecta. General fasteners, Wurth, A&P, Miraplastek, Fusa, son los proveedores que más madera y cartón nos generan, entre ellos suman una cantidad de 7.2 ton de madera y cartón mensuales.

Para cada uno de ellos se estandarizaron contenedores, racks, equipos retornables no desechables. La finalidad de los nuevos estándares de empaque además de reducir y/o eliminar madera y cartón era también optimizar la capacidad de almacenamiento dentro del contenedor “cubicaje”. Véase figuras 2.46 y 2.47.

Figura 2.46. Estándares de empaque desarrollados



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Figura 2.47. Estándares de empaque desarrollados a productos del alto costo



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Para efectos de mostrar un ejemplo de la realización de esta etapa de empaques mostramos uno de los proyectos de mayor impacto en ahorros generados, se trata del

proyecto de estandarización de empaque de cofres, el cofre es un componente que en la clasificación de materiales aparece como un producto A, alto costo, alto consumo en la línea de ensamble. Revisando los datos de este producto con el área de compras, nos dimos cuenta que la planta estaba pagando un costo de \$684 mnx más IVA por cada empaque de un solo cofre, anualmente representa una pérdida muy alta, y que el empaque solo se utiliza una sola vez y es desechado a la basura, además de esto solo era posible embarcar 6 cofres por contenedor, debido al exceso de dimensiones del empaque desechable de madera y la falta de poder estibar dentro del contenedor, la madera no lo permitía.

Derivado de esto se optó por desarrollar un empaque que fuera retornable, que permitiera la estiba de más cofres para optimizar la capacidad del contenedor, se realizaron dos diseños de rack retornable para elegir el más conveniente a la calidad del producto y los costos de transportación.

El prototipo de valido en conjunto el área de calidad, embarques y almacenes, y asimismo tener una certeza del prototipo y funcionalidad a lo largo de la cadena de suministros.

Al final de las pruebas, se aprobó el proyecto, el costo de empaque se renegocio con el proveedor, ya que los racks serían propiedad de CNH y por consiguiente ya no debería haber un costo de empaque en madera, éste costo fue eliminado en su totalidad y los ahorros del proyecto, ya considerando costo-beneficio fueron de \$ 758 416 anuales.

En la figura 2.48 se muestra el desarrollo del proyecto de empaque mencionado.



Figura 2.48. Proyecto PDCA de cofres-estandarización de empaques

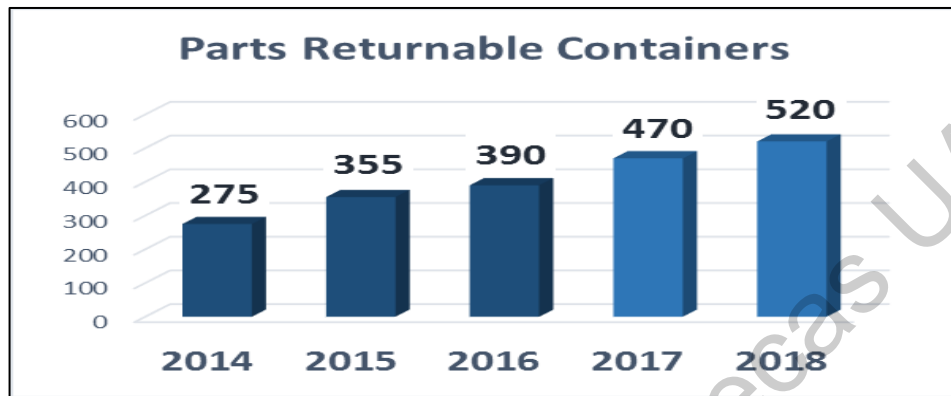


Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Los beneficios de ésta fase del proyecto impactaron directamente y de manera muy significativa en los costos de transportación globales de la planta, además de una ligera reducción del inventario global.

Se estandarizaron 275 ítems en cuanto a criterios nuevos de empaque y sistemas retornables y se estableció una proyección para el 2018 de completar una plantilla de 520 ítems (Figura 2.49).

Figura 2.49. Gráfico de proyección de números de parte a estandarizar empaque



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

En la siguiente tabla 4 se muestra el resumen de los beneficios hasta esta etapa del proyecto, considerando los mismos indicadores que hemos venido manejando desde el inicio del proyecto.

Tabla 2.4.

Tabla de Indicadores al cierre del paso 3

AHORROS/ BENEFICIOS	PASO 3
REDUCCIÓN DE INVENTARIO EN PISO	\$18,000
REDUCCIÓN DE NVAA	\$1,592,156
REDUCCIÓN TOTAL DE INVENTARIO	\$43,400,000
ESPACIO LIBERADO	
REDUCCIÓN COSYO TRANSPORTE	\$21,838,405
SALARIOS	\$1,302,811
RENTAS	\$647,800

Fuente: CNH Industrial (s.f.)

En esta etapa solo hemos tratado beneficios directos en costos de transportación e inventario, pero como bien mencionamos con anterioridad, hay un impacto en los almacenes que no solo es inventario, sino manejo del material, específicamente traspaños. Pero éste indicador lo mencionaremos más a detalle en el paso 5, donde vemos temas de manejo y surtimiento de materiales “Justo a tiempo”.

#### ***2.4.5. Desarrollo del paso 4: nivelación de la producción.***

En esta fase haremos un breve paréntesis, retomando la metodología global del proyecto, hasta el paso 3 mencionado, se ha mostrado evoluciones en cuanto a todo lo relacionado a materiales se refiere, manejo, inventario, cantidad en proceso, formas de abastecimiento, empaques, costos de transporte, etc. El paso 4 de la metodología del Profesor Yamashina va relacionado directamente a la nivelación de la producción y esto con lleva una planeación maestra de la programación del producto, en donde lo visto hasta ahora debe estar aunado a la información que viene desde un nivel jerárquico más arriba, se trata de la demanda contra la capacidad instalada.

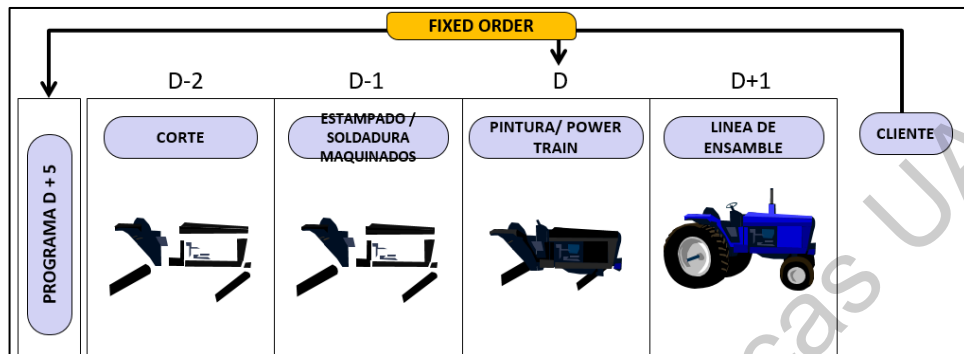
El paso 4 como se ha mencionado tiene el objetivo nivelar la producción en cada una de las fases de transformación del producto para lograr que entre cada etapa del sistema productivo no haya buffers intermedios.

Pero, ¿Cómo se logra esto?, debemos de partir que los procesos deben poseer flexibilidad, es decir la capacidad de reaccionar a la demanda y variabilidad del producto sin generar excesos de inventarios y otros tipos de desperdicios como re trabajos, sobreproducción, etc. A medida que un proceso es más flexible, es porque el lead time de entrega es más rápido, y un lead time se puede optimizar de varias formas, dentro de las

principales consiste en reducir los tiempos estándar de fabricación y reducción de los inventarios de procesos.

Para entrar en materia con el paso 4, explicaremos un poco acerca de la forma de programación de compañía CNH de México, se maneja un sistema de programación de la producción denominado D+5, cuyo modelo dentro del MRP contempla los lead times de entrega de todas las áreas productivas a lo largo de la cadena de fabricación del producto, este modelo de programación es basado en programar el área clave para el tractor, se trata de él área de power train, que como ya vimos en un VSM anterior, es una de las áreas cuyo lead time es de 1.2 días, ¿Porque power train? Se trata de la etapa de proceso donde se hace la programación principal y del cual se deriva el MRP porque ahí entra el chasis del tractor, representa el área que debe tener partes provisionadas de proveedores internos y externos para poder arrancar, la otra área del proceso más crítica es línea final, la línea de ensamble, pero línea final requiere el chasis, por tanto todo el sistema de mrp está de basado en programar esta sección de la planta. A partir de ahí, el resto de las áreas anteriores, tienen un lead time de entrega considerado dentro del mrp de la planta es variable de acuerdo a cada área, la siguiente figura 2.50 muestra cómo funciona el D+5, la “d” significa día.

Figura 2.50. Flujo de programa de producción D+5



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Como ya se vió que la producción está basada en Power Train, a partir de esa referencia, las áreas de estampado, soldadura y maquinados deben tener el programa un día antes de lo que requerirá Power Train y el área de corte deberá fabricar 2 días antes lo que requerirá Power Train. El área de ensamble fabrica lo que hizo Power Train un día después.

#### **2.4.6 Desarrollo del paso 5: perfeccionar la logística interna y externa.**

Como se ha mencionó ya anteriormente, el objetivo de este paso es perfeccionar la logística externa e interna interviniendo en particular en el ciclo total de abastecimiento de las partes a las líneas de ensamble y en base a la realización de lotes idénticos de producción en las diferentes fases del trabajo.

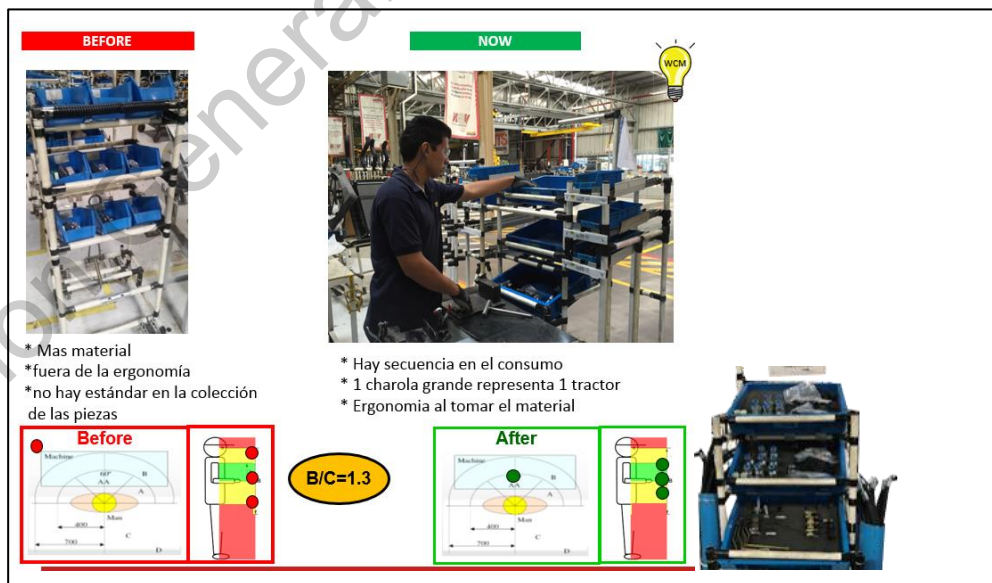
A lo largo de toda la línea final, de la cual hemos constantemente trabajado en la evolución de las formas de abastecimiento, el paso 5 representa el mayor impacto en cuanto a detalles finos nos referimos, considerando ello, criterios como mínimo manejo de materiales, surtimiento con el mínimo inventario posible, que va desde 1 tiempo tacto hasta un máximo permisible de medio turno en los kits de los materiales.

Parte primordial en esta fase radica en la generación de los kits de surtimiento a las estaciones de trabajo no solo con los estándares de surtimiento, sino bien ahora con criterios de: mínimo inventario y mismo manejo de materiales.

A continuación, mostramos una breve imagen de cómo fueron desarrollados los kits en esta evolución del proceso, bajo los criterios de mínimo manejo y mínimo inventario.

El kit de válvula del tractor, antes el operador tenía mayor inventario en su estación de trabajo, tenía más racks de materiales a su alrededor (aun teniendo método de surtimiento), el kit, permitió eliminar usos de polipastos, NVAA por movimientos y traspaleos, mínimo inventario y entregas en tiempo conforme al tiempo tacto (Figura 2.51) muestra claramente las mejoras implementadas en esa operación.

Figura 2.51. Implementación de Golden Zone con conceptos logísticos en válvulas



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Base a este análisis se desarrollaron en toda la línea 28 kits diferentes a lo largo de la estación de trabajo, 8 de ellos se surten con alta frecuencia, uno a uno, y los 20 restantes

varían, pero máximo en 4 tiempos tactos en cada kit, estaría representando una sexta parte del turno.

A continuación, unas imágenes de aquellos materiales que representan el mayor impacto en cuanto a costo, véase figura 2.52, y por consiguiente se aplicó el concepto de mínimo inventario y mínimo manejo de materiales.

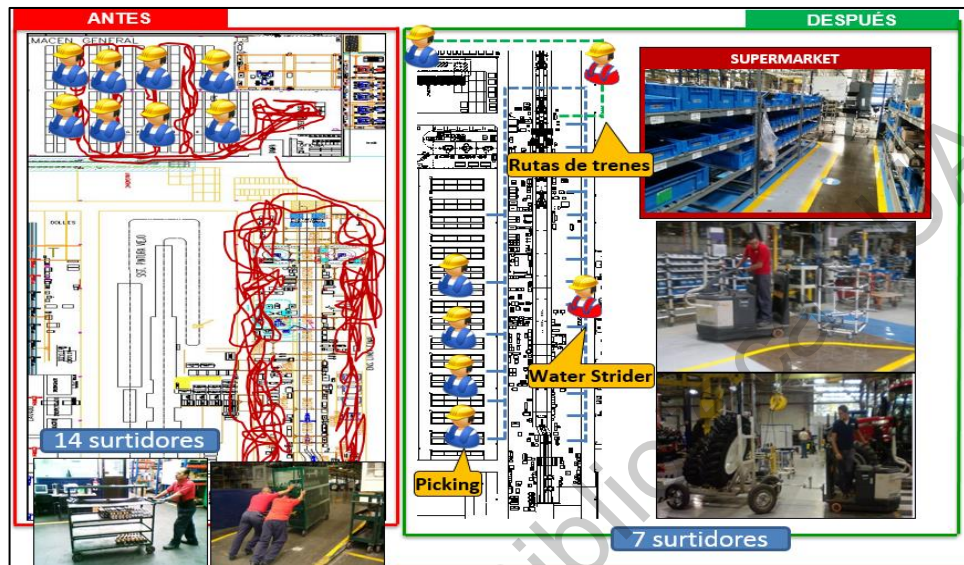
Figura 2.52. Surtimiento de materiales de alto costo



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Haciendo una referencia en la parte inicial del proyecto, la siguiente imagen se muestra como los surtidores tenían una amplia gama de recorridos a la línea de producción por surtir en métodos no adecuados que solo generaban desperdicios logísticos, y del lado derecho de la imagen, ver figura 2.53, en donde se muestra el impacto que tuvo la implementación hasta este paso del proyecto.

Figura 2.53. Surtimiento de materiales de alto costo



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

La generación de los diferentes kits para reducir inventarios y manejos, además de una secuencia lógica en la operación de ensamble, nos ayudó a crear una matriz de sincronización de entregas, en la línea se definieron 2 rutas logísticas. Ruta 1 lado izquierdo de la línea, Ruta 2 lado derecho y subensambles.

Los operadores antes empujaban los carros, a veces entre dos personas con un alto peso de materiales, ahora se usan un tren logístico y carros de abastecimiento secuenciados conforme al tiempo tacto de la línea.

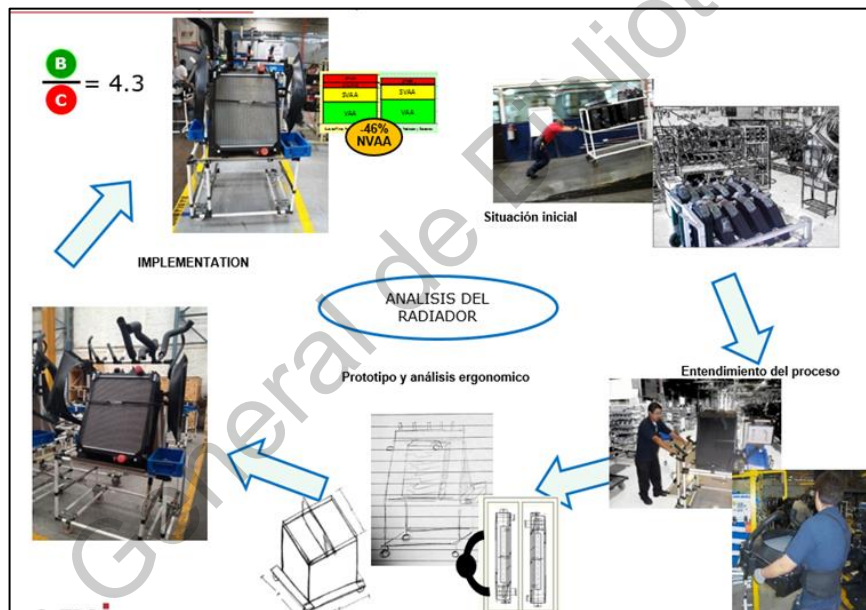
La generación de los kits y de los trenes logísticos, nos permitieron también mejorar la seguridad en la operación a lo largo de la cadena de suministros, tal es el caso de la eliminación de polipastos en la línea, al tener menos inventario y un mínimo manejo, es posible idear nuevas formas de abastecimiento que mejoren no solo la logística, sino también la seguridad de los operadores, la siguiente imagen muestra este tipo de análisis



que usamos para aquellos materiales en la línea que denominamos bulky ítems, haciendo referencia en aquellos materiales que usan grúas o polipastos para su ensamble, el objetivo de la metodología de bulky ítems es eliminarlos a nivel que sea posible.

El radiador es un material que se ponía con uso de polipasto en el tractor, la figura 2.54 muestra una clara implementación del paso 5, para reducir inventarios en la línea de ensamble, manejos y grúas.

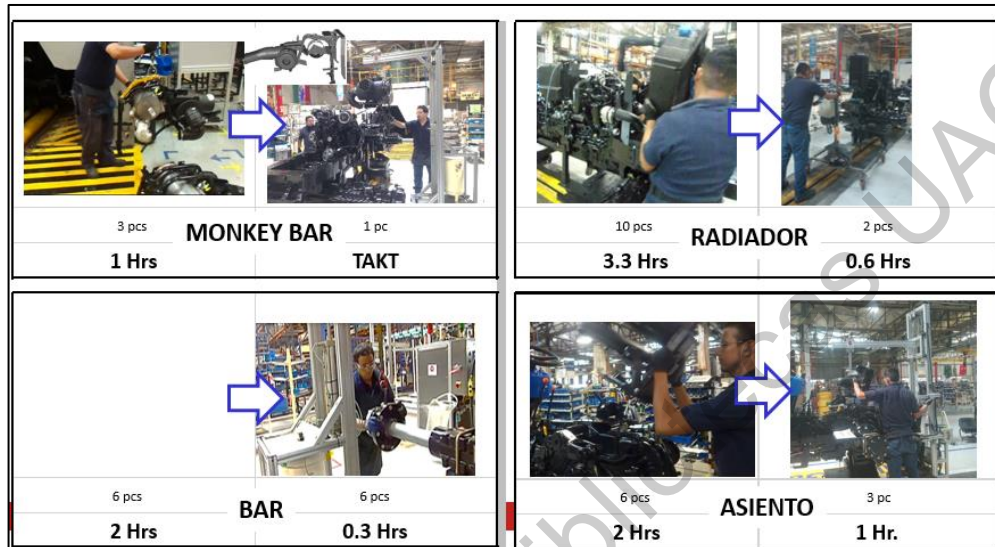
Figura 2.54. Análisis de bulky ítem radiador en el paso 5



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

En algunos otros materiales en los que se requería uso de polipastos, se desarrollaron equipos de manejo (manipuladores) que permitieran la ergonomía y seguridad en el manejo del material voluminoso y pesado, para ello se muestran en la figura 2.55 los casos de éxito que se desarrollaron en este paso 5 de la metodología del pilar.

Figura 2.55. Eliminación de polipastos en la operación de ensamble

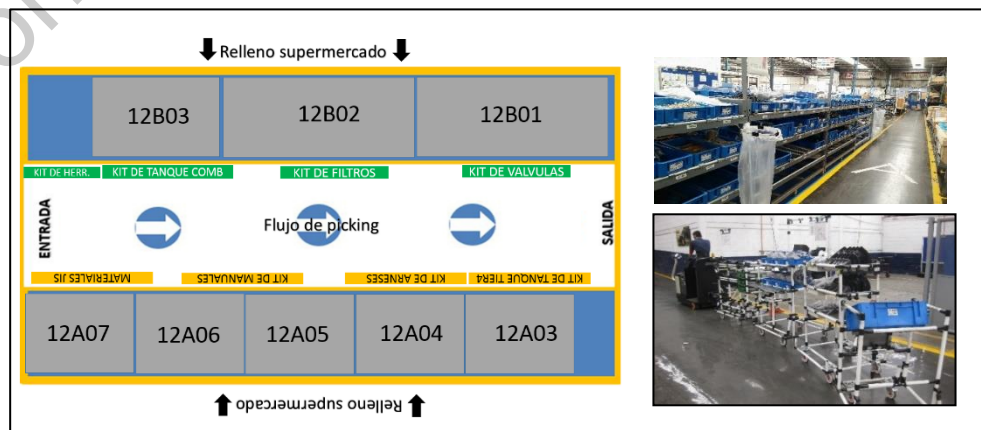


Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Para lograr una eficiencia en el surtimiento en línea final, en el almacén se tuvo la necesidad de crear zonas de preparación de kits, es decir supermercados adaptados a las necesidades de cada surtidor con la finalidad de tener el menor tiempo de preparación y menos errores en el surtimiento.

La figura 2.56 muestra de elementos constituyen una zona de kitting.

Figura 2.56. Elementos de una zona de kitting



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

1. Ubicaciones de almacén (codificación)
2. Cada material tiene un contenedor asignado y un sistema de máximos y mínimos
3. Ubicaciones fijas (stands o racks)
4. Flujo de preparación, entrada y salida
5. Flujo de relleno por la parte exterior del supermercado
6. Secuencia en la preparación del kit.

La figura 2.57 muestra la evolución de cómo se fue modificando dichas zonas de preparación de materiales, la línea final tenía constantes cambios, el almacén debía prepararse a responder de manera eficiente a esas necesidades, para evitar paros de línea, errores en los kits, retrasos por surtimiento, etc.

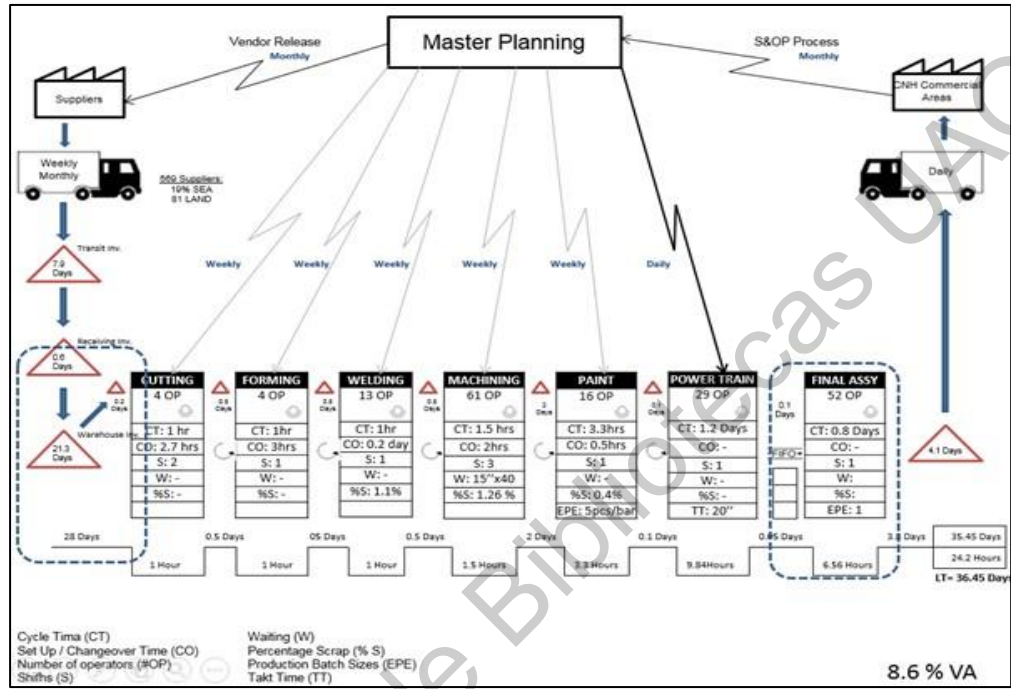
Figura 2.57. Evolución de la forma de surtimiento en los almacenes



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

A continuación, se muestra el VSM realizado al final del proyecto y su eficiencia en el lead time (Figura 2.58).

Figura 2.58. VSM al final del proyecto



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Descripción de la problemática

Las empresas manufactureras hoy en día se enfrentan a nuevos retos como la competencia mundial derivada de una globalización en los mercados teniendo como efecto una constante búsqueda de mejora continua, reducción de costos e incremento de productividad, esto para lograr un permanencia en los actuales mercados que cada vez son más cerrados y competitivos, derivado de esto deben establecerse planes de trabajo y acciones enfocadas al análisis y optimización de los costos internos que mediante la reducción de los mismos garantizando a la vez la calidad y oportunidad de las entregas a un mercado cada vez más exigente.

La Manufactura de Clase Mundial ha cambiado la forma tradicional de la administración de operaciones, incorporando un elemento fuerte de liderazgo para cada una de las gerencias de las empresas, métodos y formas de ejecución, el pilar de logística es uno de los elementos más fuertes en la administración de operaciones, ya que la cadena de suministros la encontramos en todo el proceso de transformación del producto, desde la compra y planeación hasta la venta.

Los costos logísticos dentro de las organizaciones representan un área de oportunidad muy fuerte, que va desde los niveles de inventario hasta los costos administrativos por manejos de materiales, por lo tanto, se deberán incorporar nuevas herramientas basadas en la filosofía de Manufactura de Clase Mundial para lograr una administración de operaciones más efectiva y eficiente con la consigna de ofrecer productos y/o servicios con una mayor rapidez y un menor costo de fabricación, mediante

la identificación, reducción y eliminación de pérdidas y desperdicios que afectan el proceso de transformación logístico del producto permitiendo con ello obtener una mejor productividad que permita el crecimiento sustentable de las organizaciones y la continuidad en el mercado en el que participen.

La Manufactura de Clase Mundial ha venido a revolucionar a forma en la cual se administra la operación en la cadena de suministros y en consecuencia la logística interna de abastecimientos e inventarios, resumiéndose en tres características fundamentales 1) Mínimo inventario 2) Mínimo manejo de materiales 3) Entrega justo a tiempo. Consecuentemente y mediante la implementación de una logística de clase mundial, derivada de la Manufactura de Clase Mundial, como drivers para ejecutar acciones a fin de alcanzar los ahorros y objetivos en el costo de transformación a lo largo de la cadena de suministros.

Los productores no pueden bajar sus precios bajo un esquema de guerra de precios sin afectar o poner en riesgo la estabilidad de la empresa, por lo que deben ofrecer reducciones de precios con base en las reducciones en los costos de la operación a lo largo de toda la cadena de transformación, esto implica mayor productividad y la búsqueda y la búsqueda de hacer productos a nivel más económico posible sin afectar las especificaciones ni estándares de diseño y producción.

En pocas palabras, los fabricantes de clase mundial, diseñan, producen y entregan productos para los clientes bajo el ámbito de competencia con los mejores del mundo.

### **3.2. Justificación de la problemática.**

Hoy las líneas de ensamble tienen mucho desperdicio debido a que en la actividad de ensamblaje de partes los operadores dedican tiempos a actividades que no agregan valor al proceso y que adicionan costos ocultos a las operaciones de ensamble encareciendo los productos y/o agregándoles tiempos que incrementan el estándar. Existen dos factores importantes para ejecutar una operación de ensamblaje las cuales son: el proveer las partes y el diseño del trabajo del ensamble, en los cuales el operador forma parte importante del proceso, y este a su vez es el cliente principal que usará las partes necesarias para realizar sus tareas del día a día. Hemos visto que los materiales se surten pero no se consideran los cómo, cuándo y en que se surten las mercancías cayendo en una entrega de materiales sin concepto que en palabras logísticas podemos decir realizando patrullajes para ver donde hay espacios libres para surtir el material en cantidades no controlables ( controladas en cantidad y tamaños). Generando caos de espacios, riesgos de seguridad por apilamiento inventarios excesivos en áreas alrededor de las líneas de ensamble y por consecuencia limitando nuestras áreas de trabajo en que se mueve nuestro operador de ensamble. Creando por ende actividades que no le agregan ningún valor a su operación diaria.

En la actualidad el trabajo y el tiempo dedicado al diseño de las estaciones de trabajo en aspectos de materiales es subestimado por la alta dirección que enfocan la atención al bajar costos de manera global pero sin un enfoque hacia una mejora directa en las estaciones de ensamble la cual puede ser una arma altamente competitiva para bajar los costos de manufactura eliminando los desperdicios que normalmente están ocultos.

La trascendencia de la presente investigación radica el análisis de la estación de trabajo dotándola de herramientas y técnicas de abastecimiento de materiales mediante la aplicación de sistemas justo a tiempo que permitan reducir las operaciones que no agregan valor a la transformación de productos en las áreas de ensamble surtiendo los materiales de forma sincronizada, estandarizando las actividades y permitiendo llegar a su punto de uso de manera justa y en la cantidad adecuada y en el momento oportuno ayudando a la eliminación de tiempos desperdiciados por esperas de material, desplazamientos del operador e incluso evitar la sobreproducción.

### **3.3. Objetivos**

En este apartado se describe, de manera general y específica, el resultado que se pretende lograr con el trabajo de investigación.

#### **3.3.1. Objetivo General**

Establecer el surtimiento de los materiales utilizando métodos de manufactura de clase mundial “justo a tiempo” en un área de ensamble

#### **3.3.2. Objetivos Específicos**

1. Reducir el inventario en ensamble en estación de trabajo.
2. Diversificar las partes por tipo y forma adecuada de surtimiento con sistema “justo a tiempo”.
3. Eliminación de surtimiento por patrullaje



### 3.4. Definición de variables.

Las variables básicas de pérdidas y desperdicios que afectan el costo de transformación en la cadena de suministros son:

- Inventario en línea
- Faltante de materiales
- No valor agregado logístico
- Inventario total
- Espacio
- Transportación

### 3.5. Hipótesis:

La aplicación de técnicas de manufactura de clase mundial ayuda a la eliminación de desperdicios como la sobreproducción y el abastecimiento de materiales por patrullaje a las áreas productivas.

Beneficios esperados

- Reducción del inventario en ensamble
- Eliminación de espera de los materiales por el operador
- Reducción del desplazamiento de operador en busca de material.
- Surtimiento sincronizado justo a tiempo
- Estandarización del surtimiento de los materiales

Límites del alcance de la investigación: cadena de suministro y sistemas justo a tiempo bajo manufactura de clase mundial.

### **3.6. Justificación de las variables.**

La matriz de costos donde se pueden observar las pérdidas por área nos permite una rápida identificación de las pérdidas generadas en la compañía y así determinar el alcance en la reducción de las mismas. Este método constituye la brújula que guía y orienta los proyectos de mejora continua, para enfocarse a las áreas donde están ubicadas las mayores pérdidas, y a su vez elegir los métodos y pilares técnicos que deben actuar para eliminar la (s) causa (s) raíz que generan las pérdidas, definiendo el tipo de pérdida principal por atacar. Lo anterior representa la principal fuente de información para el área logística, estableciendo la liga entre el desempeño operativo y los indicadores de desempeño y de actividad correspondientes al pilar de logística, los cuales nos indican la efectividad de las acciones realizadas.

### **3.7. Metodología.**

La estrategia de identificación, clasificación, medición y análisis de nuestras variables y su impacto en la eficiencia de los costos de transformación se lleva a cabo a través de la metodología cualitativa y cuantitativa establecida en cada uno de los pasos de implementación de una logística de manufactura de clase mundial, también denominado pilar de logística y servicio al cliente con el fin de establecer acciones enfocadas a la reducción del inventario, y abastecimiento a las áreas bajo los principios de mínimo nivel de inventario y mínimo manejo de materiales, y así generar un impacto en la aplicación eficiente de los costos de transformación logísticos y su repercusión en la rentabilidad de la empresa.

### 3.8. Herramientas.

Las herramientas de aplicación, evaluación y seguimiento para la ejecución de un abastecimiento de clase mundial se basan en tres grupos:

- Reactivas
  - Paso 1, 2 y 3 de logística,
  - Clasificación de partes
  - Creación de flujo y 5t
- Preventivas
  - FIFO y Justo a tiempo
  - Paso 4 y Paso 5
  - Estándares de empaque
- Proactivas
  - Mínimo inventario
  - Value Stream Mapping).

Dirección General de Bibliotecas UAQ

### 4. RESULTADOS

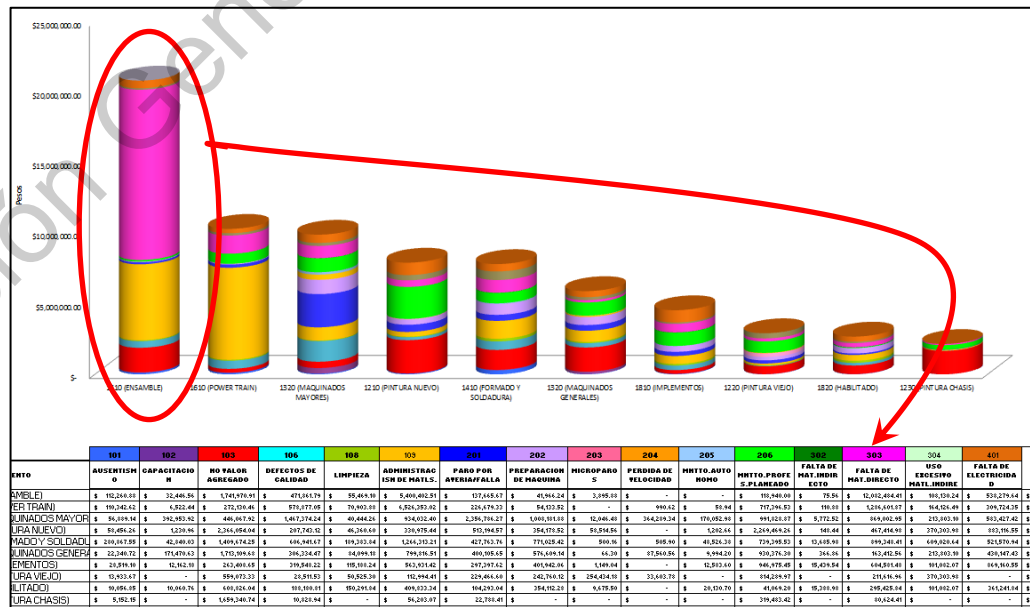
#### 4.1. Análisis de la implementación

En nuestro estudio de análisis e implementación de abastecimiento de materiales bajo los conceptos de manufactura de clase mundial enfatizamos la importancia de la búsqueda sistemática de las oportunidades de mejora en la operación de la cadena de suministros en cuanto al abastecimiento de los materiales con la finalidad de tomar decisiones acertadas para optimizar los métodos de abastecimiento y control de los inventarios en las línea de ensamble.

#### 4.2 Resultados Paso 1

No se debe perder de vista la primer gráfica, para basarnos en la evolución del proyecto a lo largo de la metodología como se muestra en la figura 4.1.

Figura 4.1. Análisis de NVAA por área

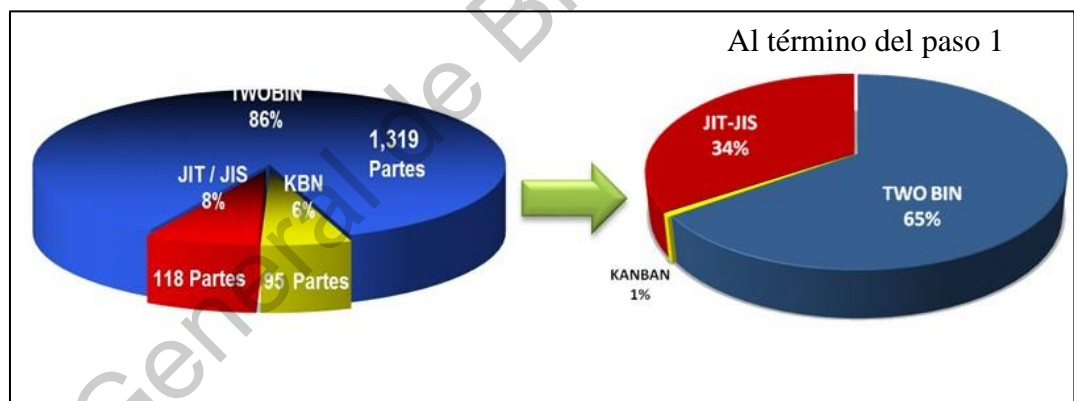


Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Donde apreciamos que el área de ensamble es el área con mayores desperdicios logísticos en la planta.

En la implementación de la primera etapa de la manufactura de clase mundial para el área logística y cadena de suministros, como bien se mencionan actividades enfocadas a realizar un layout más eficiente y establecer los primeros estándares iniciales de los métodos de surtimiento para ello tomaremos como referencia el gráfico de clasificación de materiales antes de comenzar y después de cerrar las actividades de paso 1, ver figura 4.2.

Figura 4.2. Matriz de materiales al final del paso 1



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

A manera de impacto en los indicadores que nos pide la metodología al cierre del paso 1 radica en 3 aspectos principales:

- 1) Inventario en línea
- 2) Reducción del no valor agregado
- 3) Espacio productivo utilizado en planta.

De tal manera que los resultados obtenidos al cierre del paso 1 quedaron de la siguiente manera, mostrados en la tabla 2 de este proyecto.

Tabla 4.1.

*Tabla de Indicadores al cierre del paso 1*

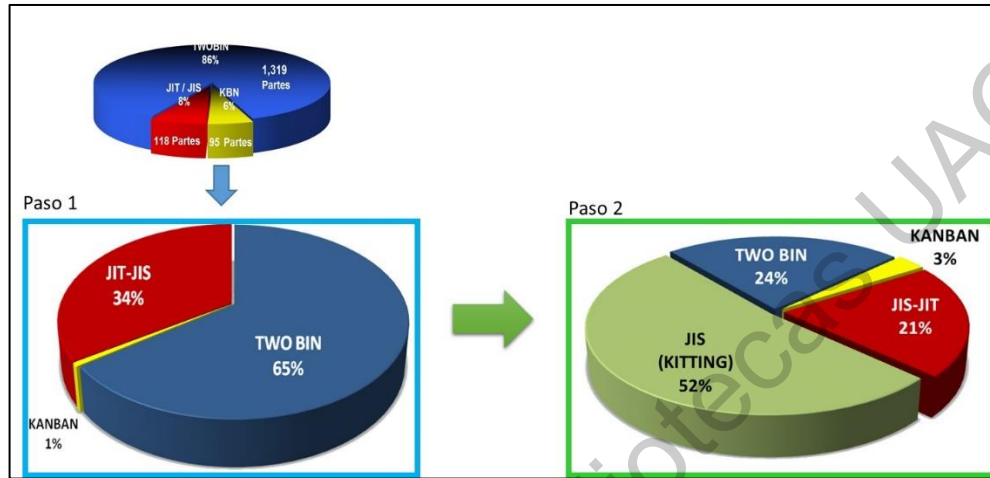
<b>AHORROS/ BENEFICIOS</b>	<b>PASO 1</b>
<b>INVENTARIO EN LÍNEA</b>	<b>\$2,569,202</b>
<b>REDUCCIÓN DE NVAA</b>	<b>\$688,898</b>
<b>REDUCCIÓN TOTAL DE INVENTARIO</b>	
<b>ESPACIO</b>	<b>1,378 m2</b>
<b>TRANSPORTACIÓN</b>	<b>\$</b>

Fuente: CNH Industrial (s.f.)

### 4.3 Resultados Paso 2

En el paso 2 de la metodología logística desarrollada nuevamente radica en afinar los métodos de surtimiento de materiales, es decir ahora con un flujo más suavizado, que en pocas palabras significa reducir aún más el nivel de inventario en las áreas, en éste caso nos enfocamos al área de ensamble, una vez más tomaremos de referencia la gráfica de cómo se reorganizaron los materiales, la figura 4.3 nos muestra claramente esa evolución y el nivel de detalle se muestra en la matriz de artículos del anexo F.

Figura 4.3. Evolución de los métodos de surtimiento hasta Paso 2



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

A manera de tabla de indicadores que nos pide la metodología, que son los mismos indicadores que el paso 1 de la metodología nuestra tabla queda de la siguiente manera:

Tabla 4.2.

Tabla de Indicadores al cierre del paso 2

AHORROS / BENEFICIOS	PASO 1	PASO 2
INVENTARIO EN LÍNEA	\$2,569,202	\$1,130,193
REDUCCIÓN DE NVAA	\$688,898	\$1,588,996
REDUCCIÓN TOTAL DE INVENTARIO		
ESPACIO	1,378 m2	
TRANSPORTACIÓN	\$	\$

Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Nota: las cantidades mostradas son el valor absoluto en diferencia de inventario inicial contra inventario final, más no representa el valor neto del inventario, mismo caso aplica para espacio y no valor agregado.

#### 4.4. Resultados Paso 3

En el paso número 3 que va enfocado a reorganizar una logística de materiales interna, pero afectando los estándares de operación externamente con la finalidad de eficientar la cadena de abastecimientos, nuestra tabla 4 de resultados se muestra a continuación:

Tabla 4.3.

*Tabla de Indicadores al cierre del paso 3*

AHORROS/ BENEFICIOS	PASO 3
REDUCCIÓN DE INVENTARIO EN PISO	\$18,000
REDUCCIÓN DE NVAA	\$1,592,156
REDUCCIÓN TOTAL DE INVENTARIO	\$43,400,000
ESPACIO LIBERADO	
REDUCCIÓN COSYO TRANSPORTE	\$21,838,405
SALARIOS	\$1,302,811
RENTAS	\$647,800

Fuente: CNH Industrial (s.f.)



Puede apreciarse un impacto fuerte en la reducción de costos de transportación esto debido a una eficiencia en los empaques, que conlleva una optimización de capacidad volumétrica en los contenedores. La reducción de inventario total, debido a que se redujo la compra de algunos materiales en exceso o sobre inventario, rentas, en éste caso aplica para los montacargas, debido a que se redujeron 2 montacargas en la planta debido a un manejo de material a través de los trenes logísticos implementados.

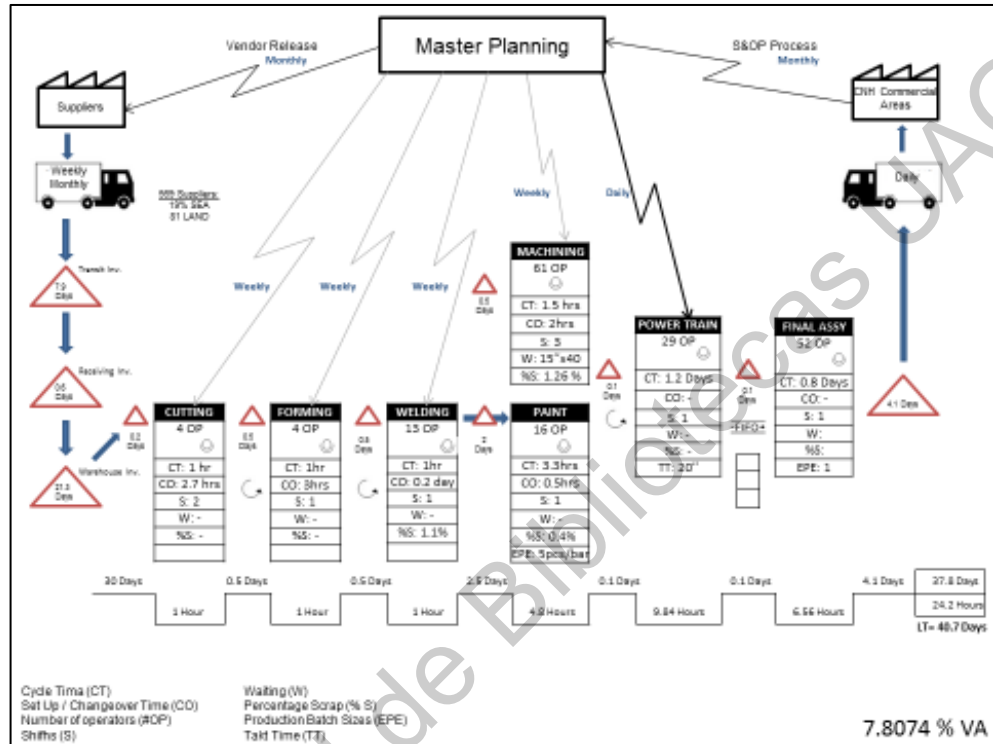
En el paso 4, dado que es una fase enfocada más la nivelación de la producción, no muestra un indicador de impacto en materiales, únicamente va orientado a la secuenciación de los programas de producción ligados al surtimiento.

#### **4.5 Resultados Paso 5**

El paso 5 que va orientado a un sistema de abastecimientos cada vez más precisos y cada vez con mucho menor inventario, bajo un esquema más justo a tiempo en la línea de producción. Para mostrar más claramente el efecto global que en éste paso es la cúspide del desarrollo del proyecto nos enfocaremos a la herramienta clave utilizada en este paso de la metodología, el value stream mapping o mapa de la cadena de valor.

Retomemos el value stream mapping que se planteó en un inicio, en la figura 4.4:

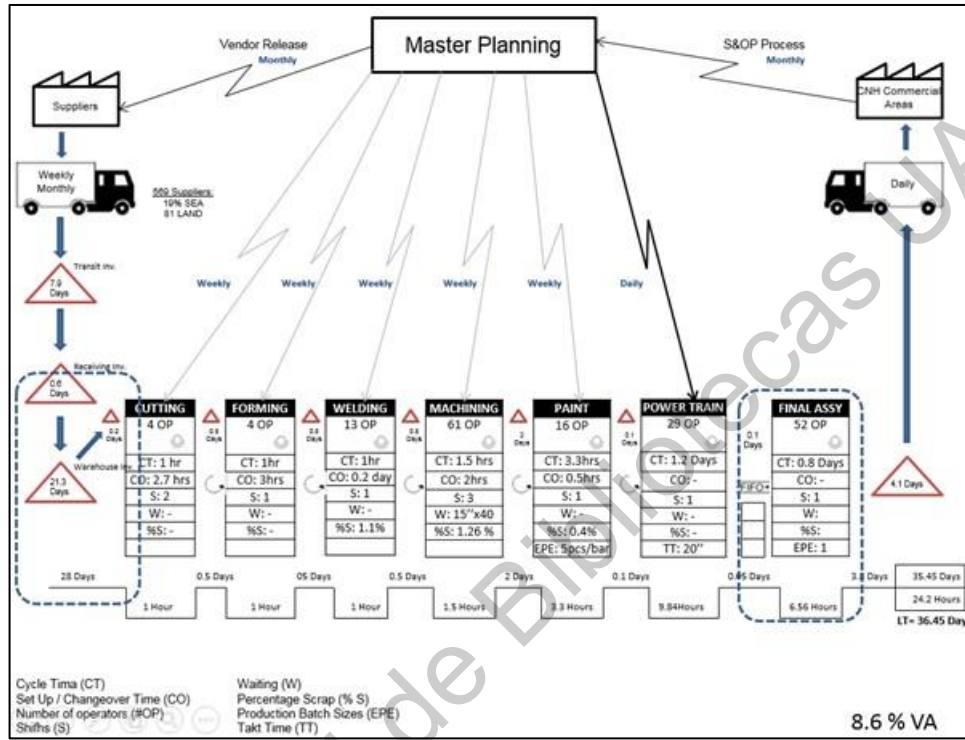
Figura 4.4. VSM inicial-proceso completo de planta



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Puede apreciarse en la cadena de suministros hay una actividad de valor agregado en un 7.8 %, y un lead time de 40.7 días. Partiendo de esta referencia nuestro vsm al final de esta fase de proyecto quedó de la siguiente manera donde se observa una mejora en el lead time del producto hasta un 8.6 % de valor agregado, y la reducción de un lead time de entrega en 36.45 días. Ver figura 4.5.

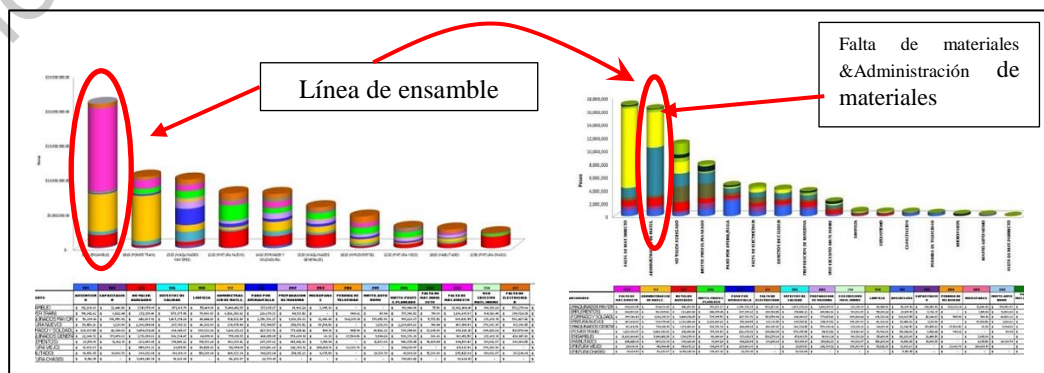
Figura 4.5. VSM al final del proyecto



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Por último, para cerrar el resultado de este paso 5, la figura 4.6 muestra donde de origen se aprecia que el área de ensamble es el área número 1 en pérdidas y desperdicios, donde la mayor radica en faltante de materiales.

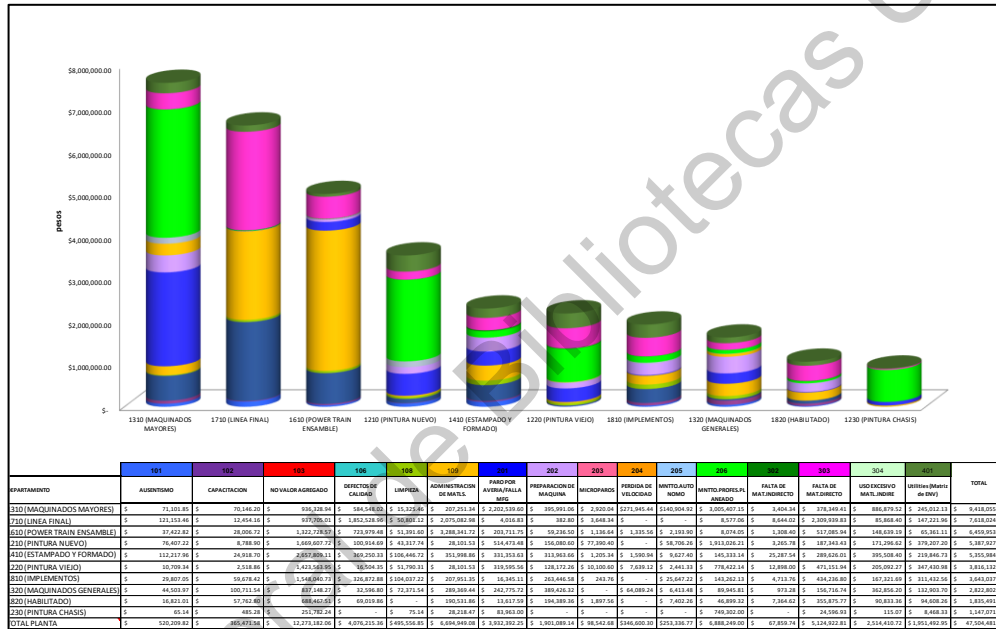
Figura 4.6. Matriz de costos



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

En figura 4.7, que es un gráfico que se emite 2 veces año a nivel planta para determinar los efectos de los proyectos.

Figura 4.7. Análisis de NVAA por área al final del proyecto



Fuente: CNH Industrial (s.f.)

Se puede apreciar que el área de ensamble una vez finalizado el proyecto, paso a un segundo lugar de la gráfica, lo que indica una disminución de pérdidas y desperdicios equivalente al 80% de reducción de perdidas.

## CONCLUSIONES

Esta tesis muestra una clara efectividad en la aplicación de la metodología de WCM, con la implementación de los pasos de la Logística para mejorar los métodos de surtimiento. Pero todo proceso de cambio y/o de implementación de nuevas prácticas en los procesos industriales comienza con la alta dirección comprometida para ser de este tipo de proyectos un éxito proporcionando los recursos y el apoyo necesario. Los equipos asignados deben de tener claro el objetivo a lograr y de respetar las secuencias de los pasos según la metodología.

Durante el desarrollo de este proceso pudimos observar ahorros significativos en cada paso que generalmente no nos percatamos de ellos, pero en esta tesis hemos aprendido el cómo evidenciarlos, así mismo tener en cuenta que el objetivo de los surtimientos de partes no es solamente llevar las piezas a un área de trabajo, si no que estas deben de ser en el tiempo que se necesitan y en la forma apropiada que permita un proceso suavizado generando un área de clase mundial para que el trabajador realice sus funciones de una manera limpia y cada vez de una forma más simple. También hemos mostrado que realizando un surtimiento Justo a tiempo no solamente beneficiamos al área de almacenes en sus tareas haciéndolas estas más eficientes también hemos demostrado que el área de operación que en nuestro caso son áreas de ensamble, tuvo un alto impacto reduciendo en alto porcentaje los desperdicios o actividades que no agregan valor ahora con la cantidad mínima necesaria y con un método secuenciado de abastecimiento de partes.

El clasificar cada material muestra que cada tipo de material tiene una manera diferente de ser suministrado y este determina las frecuencias a las entregas y a controlar de una manera más efectiva sus inventarios como el manejo de las partes de alto costo y/o

de volumen (Bulky ítems), las cuales es recomendable su abastecimiento uno a uno, con la aplicación de esta metodología hemos demostrado no solamente beneficios en el surtimiento de materiales ya que una área sin menos materiales reduce drásticamente riesgos de accidentes y genera espacios libres en las líneas de producción.

Finalmente hemos demostrado que la metodología de WCM es una herramienta poderosa que aplicada en nuestros procesos de ensamble logrando así mejorar todos los objetivos plasmados al inicio de esta tesis.

- Doble manejo de materiales reducido en un 70%
- Esperar materiales eliminado
- Empujar materiales eliminado
- Transportar materiales eliminado

Todo esto significa ahorro económico el cual, de acuerdo a la investigación, su implementación en la empresa caso de estudio benefició a la planta productiva en un ahorro del 80% del costo total del abastecimiento de materiales, generado principalmente por la eliminación de los desperdicios, que son los elementos que no agregan valor a la operación.

## REFERENCIAS

- Chopra, S., y Meindi, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro. Estrategia planeación y operación*. México: Pearson Educación.
- Companys P. R. y Fonollosa J. (1999). *Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT*. México: Alfaomega Marcombo.
- Dápere, R. (2009). *Roadmap to world class manufacturing. Plant Audit & Assessment Guidelines v1*. Informe Robert Dápere.
- Dápere, R. (2012b). *Matrices Cost Deployment A-E*. Informe Robert Dápere.
- Efeso Consulting (2007). *Definición de Pilar*. Informe interno Efeso Consulting.
- Everett E. A. (1991). *Administración de la producción y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento*. México: Prentice Hall Hispanoamericana.
- Dápere, R. (2012c). *WCM Improvement basic guidelines V2*. Informe Robert Dápere.
- FAPS Fiat Group. (2007). *Technical Pillars' Guide*.
- Flynn, B. B.; Schroeder, R. G.; Flynn, E. James (1999). World Class Manufacturing: an investigation of Hayes and Wheelwright's foundation. *Journal of Operations Management*, 17. pp. 249-269.
- Giffi, C.; Roth, A.; Seal, G.M. (1990). *Competing in World Class Manufacturing: America's 21<sup>st</sup>*. Roma
- Gómez, J. (sf.). *Los sistemas MRP: el MRP originario*. Recuperado de:  
<https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwitzYCi46XhAhWSna0KHxz9ATAQjB16BAgBEAM&url=http%3A%2F%2Fs1c8267a7ec09212e.jimcontent.com%2Fdownload%2Fversion%2F1438951702%2Fmodule%2F89>

[12178169%2Fname%2FDocumento%2520Los%2520Sistemas%2520MRP.pdf&psi  
g=AOvVaw0OfTptoJ062LwEZrBjXZsC&ust=1553893310898571.](#)

Gunn, T. G. (1988). *Manufacturing for Competitive Advantage: Becoming a World Class Manufacturer*, Ballinger Publishing.

Hirano, H. (1995). *5 Pillars of the Visual Workplace*. New York: Productivity Press.

Japan Management Association (1989). *Kanban Just in time at Toyota*. New York: Productivity Press.

Muller M. (2005). *Fundamentos de administración de inventarios*. México: Ed.Norma.

Ohno, T. (1978). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.

Rey F. (2005). *Las 5S: Orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid: FC editorial

Roos, L. (1992). *Resource Allocated Production*. Sweden: Malmö,.

Schonberger, R.J. (1996). *World Class Manufacturing: The Next Decade*. New York. Free Press.

Skinner, W. (1969). Manufacturing: Missing Link in Corporate Strategy. *Harvard Business Review*, 47, pp 136-145.

Yamashina, Hajime (2008). *Book of knowledge World Class Manufacturing*.



**ANEXO**

Dirección General de Bibliotecas UAQ