

# Creation of material flow through PFEP (Plan For Every Part) in a Food Company

Roberto Encarnacion, Magíster<sup>1</sup>, Rolando Baca, Bachiller<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Privada Del Norte, Perú, roberto.encarnacion@upn.pe, n00050788@upn.pe

*Abstract— This research uses the PFEP methodology, which means Plan for Each Part in Spanish, in which the Kanban tool is used as a Lean tool for flow generation. Which helped us improve the supply of materials, create and standardize new transit routes, types of waste were eliminated such as waiting times to serve the internal client (production system), unnecessary transfers of mobile equipment, overproduction and inventories in process, considering the quantities necessary to minimize stocks, this is supported by production planning, the master plan that will indicate the SKU quantities and the materials plan or MRP I for the supply of materials, finally in economic matters it was obtained a saving of S/. 390,537 per year*

**Keywords— Kanban system, PFEP, Production Planning and Productivity.**

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).

**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).

**DO NOT REMOVE**

# Creación de flujo de materiales mediante el PFEP (Plan for every part) en una empresa de Alimentos

Roberto Encarnacion, Magíster<sup>1</sup>, Rolando Baca, Bachiller<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Privada Del Norte, Perú, roberto.encarnacion@upn.pe, n00050788@upn.pe

**Abstract**– This research uses the PFEP methodology, which means Plan for Each Part in Spanish, in which the Kanban tool is used as a Lean tool for flow generation. Which helped us improve the supply of materials, create and standardize new transit routes, types of waste were eliminated such as waiting times to serve the internal client (production system), unnecessary transfers of mobile equipment, overproduction and inventories in process, considering the quantities necessary to minimize stocks, this is supported by production planning, the master plan that will indicate the SKU quantities and the materials plan or MRP I for the supply of materials, finally in economic matters it was obtained a saving of S/. 390,537 per year

**Keywords**— Kanban system, PFEP, Production Planning and Productivity.

**Resumen**– El trabajo de investigación utiliza la metodología PFEP, que significa Plan Para Cada Parte en español, en lo cual la herramienta Kanban se utiliza como herramienta Lean para la generación de flujo. Lo cual nos ayudó a mejorar el abastecimiento de los materiales, crear y estandarizar nuevas rutas de tránsito, se eliminaron tipos de desperdicios como los tiempos de esperas en atender al cliente interno (sistema productivo), traslados innecesarios de equipos móviles, sobreproducción e inventarios en proceso, considerando las cantidades necesarias para minimizar los stocks, esto soportado con la planificación de la producción, el plan maestro que nos indicará las cantidades de SKU y el plan de materiales o MRP I para el aprovisionamiento de materiales, finalmente en temas económicos se obtuvo un ahorro de S/. 390,537 anual.

**Palabras claves**- Sistema Kanban, PFEP, Planificación de la producción, Productividad.

## I. INTRODUCTION

El sistema Kanban fue desarrollado por T. Ohno, se dio cuenta que podía mejorar el sistema de producción Toyota al incorporar elementos de la producción ajustadas, en lugar de fabricar productos nuevos en función de la demanda anticipada [1]. El Lean Manufacturing exige que se procese el producto que requiere realmente la demanda, lo que implicará que se entregue aquello que su cliente requiere, en el volumen y momento establecido [2]. Para ello involucra un conjunto de elementos que incluyen el sistema de planificación y control basado en un sistema “Pull”; la búsqueda de un sistema dinámico a través del Layout, la flexibilidad de los equipos y de los operarios; la reducción de tiempos de operación y preparación; la implementación de un sistema de círculos de calidad y de sugerencias y; las relaciones de largo plazo con los proveedores [3]. Considerando la posibilidad de un flujo con

distintas variantes de producto, el sistema pull tendrá puntos con un stock que podrá ser de tipo supermercado, el cual permite elegir la variante de producto [4]. Esta estrategia fue desarrollada por Toyota en 1950, esta empresa se vio en la necesidad de resurgir como organización ya que la economía en Japón estaba quebrantada, y pese a eso vieron la oportunidad de aplicar nuevas estrategias [5].

Ahora contar con un sistema de manejo de materiales es desarrollar un sistema PFEP (Plan for every part), en lo cual fomenta una reducción y control de los inventarios, mediante un documento donde se adiciona la información de los materiales, esto puede utilizar para administrar el sistema de manejo de materiales, midiendo el tamaño de los mercados y estantes de almacenamiento, diseñar nuevas rutas de entrega programadas y sistemas Kanban y crear flujo continuo [6].

Por el año 1953 se instaló el primer supermercado en la industria en el taller de maquinado en la planta principal de la ciudad de Toyota, se tomó la idea de supermercados que muestran los artículos acomodados en los estantes en una localización específica, para que cada cliente vaya y tome lo que necesita y es mantener el inventario del proceso, cada artículo tiene una posición determinada, el cual es retirado en la cantidad que se necesite [7].

Para materializar las entregas de materiales y producto, sea de único o varios, el Lean dispone de medios para solicitar el producto a entregar o procesar; en la cantidad y en el momento de hacerlo. Ahí es en donde recurriremos al sistema Kanban y sus variantes [8].

La implementación del pull implica que el flujo de actividades de cada proceso produzca para su cliente interno o el siguiente proceso, la cantidad y clase de producto que precise y en la medida de lo posible, justo cuando lo precise. Por ejemplo, el proceso de ensamblaje de un producto necesitará de materiales y componentes procedentes de procesos de producción que le preceden [9].

El sistema Kanban en elemento primordial del JIT, es decir, lo que precisa un determinado proceso de producción debe ir a buscarse en el proceso o suministro que le precede (sistema Pull), con el objetivo fundamental de obtenerlo en la cantidad y momento justo en que se necesite, esto puede lograrse con un método de tarjetas [10].

En definitiva, el kanban es un sistema de transmisión de órdenes de producción, órdenes de recojo de materiales y productos de los proveedores internos y líneas de producción correspondientes dentro de un sistema productivo, en la clase, cantidad y momento que se precisen [11].

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).

**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).

**DO NOT REMOVE**

## II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO

### 1.1. Planeación y Control de la Producción

Las necesidades de demanda se aterrizan en el plan maestro de la producción (PMP), con un horizonte entre 12 a 18 meses, en simultaneo se proyecta la capacidad instalada, y en el caso que no haya disponibilidad de planta, ver opciones de repotenciación de los equipos críticos e implementar la mejora continua con el objetivo de ganar holgura, colchón de capacidad o disponibilidad en las líneas [12].

Así también se realiza la explosión de los materiales (MRP I) para gestionar los pedidos de los componentes (BOM) que conforman un producto terminado o SKU (stock keeping unit). Logística mediante la gestión de compras generan las solicitudes de pedido y en coordinación con los proveedores se realizan los requerimientos y cumplan requisitos como lead time, precio, garantía y calidad.

Es importante saber que el éxito del plan maestro de la producción para que sea eficaz, se deben cumplir lo siguiente:

- Contar con stock de materiales, en el tiempo establecido por compras y el proveedor, para el cumplimiento de la programación de elaboración del producto.
- Sincronizar los inventarios que se encuentran en los almacenes de entrada, en la transformación y el almacén de producto terminado.
- Cumplir con el plan de mantenimiento preventivo (programados y overhaull).
- Definir estándares de proceso, por ejemplo, actualización de velocidades de línea, de la eficiencia de línea (OEE o eficiencia global del equipo), cambios de formato, ratios de productividad y dimensionar la cantidad de personal y tiempos de proceso.
- Medir, y proyectar la capacidad instalada a mediano y/o largo plazo, si la demanda superara la capacidad, decidir qué acciones se tomarán de manera preventiva.
- Contar con capacidad de almacenamiento tanto en materiales como producto terminado, teniendo rotación a medida que la demanda se incrementa.
- Asegurar una correcta gestión de las 6M (mano de obra, maquina, medición, materiales, medición y medio ambiente) mediante la mejora continua.

Con esta información, aseguraremos una correcta planificación, en lo cual se muestra en la figura 1, el core business es el macro proceso de elaboración, tiene un alcance desde la elaboración hasta el producto terminado, en lo cual las planificaciones gestionan los recursos, controlan los inventarios, cumplimiento en las entregas de materiales y producto terminado. Y si cuentan con un soporte tecnológico como el ERP (SAP) para tener información o base de datos en tiempo real, realizando notificaciones, traslado de producto entre almacenes, ubicación física, picking y despacho.

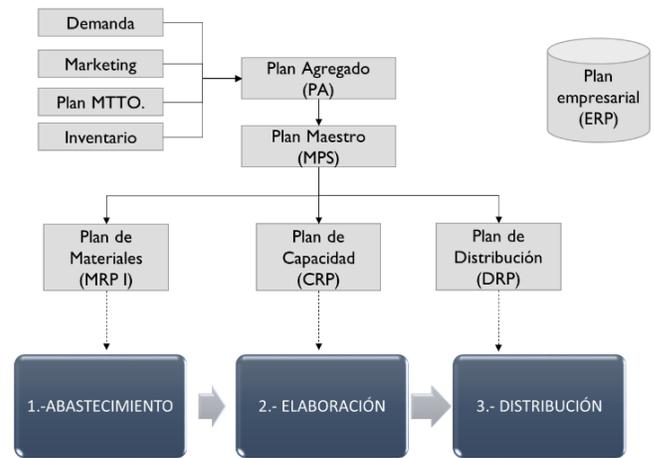


Fig. 1 Planificación de la producción. Elaboración propia

Las cantidades necesarias se obtienen de la lista de materiales, en donde se describen las equivalencias para atender el producto terminado y que serán gestionados con el proveedor, en la figura 2 por ejemplo se muestra un BOM del proceso lácteo 1, con 3 niveles, en el segundo se clasifican en materia prima, insumos y material de empaque donde tienen las cantidades que deben solicitar en base a una receta de proceso.

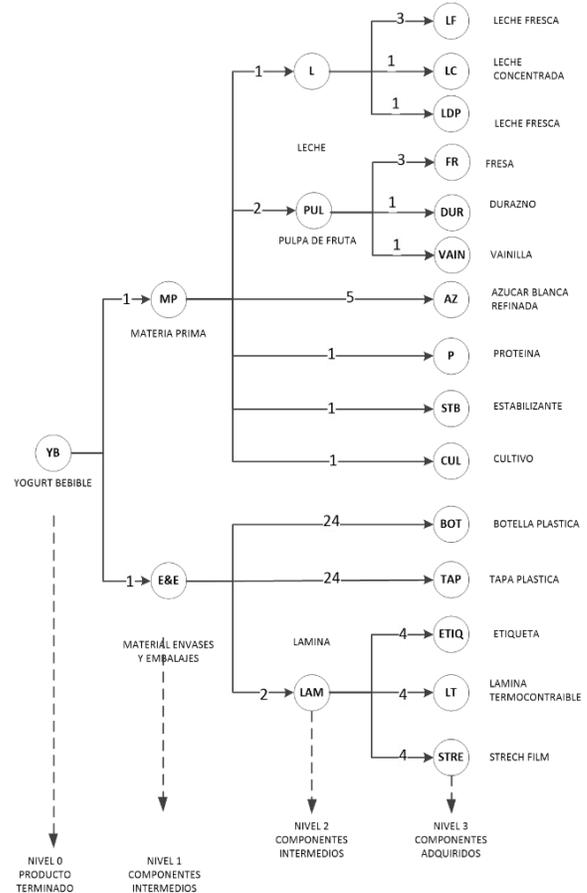


Fig. 2 Lista de materiales del proceso lácteo 1

## 1.2. Proceso Productivo

Dentro del macro proceso de elaboración que se muestra en la figura 1, la empresa cuenta con 3 fábricas que son los procesos lácteos 1, lácteos 2 y No lácteos, estos inician con el aprovisionamiento de la materia prima, materiales e insumos para la elaboración, estos son mezclan y agitan para producir los productos lácteos, se mezclan y pasteurizan, posteriormente el proceso 1 se direcciona a incubación y enfriamiento. El proceso 2 pasa por un choque térmico llamado UHT. Se tiene un proveedor interno que abastece botellas de polietileno y preformas para el Proceso lácteo 1 y No lácteos respectivamente, estos alimentan a la llenadora. En empaçado y almacenado del producto terminado como se muestra en la figura 3, los parámetros de control son la densidad, sólidos totales, viscosidad, PH, % grasa y estandarización entre otros, los rangos son distintos para cada proceso. Nótese que el proceso lácteo 1 es envasado porque debe formar el empaque y luego dosificar el producto en el envase y el proceso lácteo 2 es llenado ya que sólo se adiciona el producto en la botella de polietileno formado en el proveedor interno.

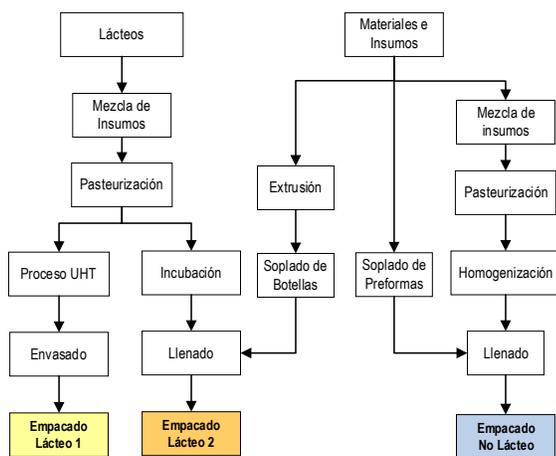


Fig. 3 Flujo elaboración de productos lácteos y no lácteos

La distribución en base al plan maestro de la producción y el ponderado de los productos segmentados, siendo Lácteo 1 el más representativo con el 46% del total. El abastecimiento se da mediante pedidos de la programación diaria de producción, se envían los SKU que se producirán, de manera automática se obtienen las equivalencias en la lista de materiales y se generan los pedidos mediante reservas. Cuentan con un almacén central donde se ubican los materiales de empaque e insumos, listos para ser despachados, los montacargas trasladan dichos materiales a producción.

También se tiene en cuenta otros materiales complementarios como los pallets de madera o tarima, las cantidades de producto están en base a pruebas de transporte, altura y apilamiento. Mediante estudio de tiempos y movimientos [13] se midió la carga de trabajo de los montacargas, esto en base a la programación de la producción y la lista de materiales de cada

uno de ellos, como se puede apreciar en la TABLA I, se describe todos los materiales que se presentaron en la figura 2 y que son usados con mayor frecuencia entre ellos el polietileno, las Galoneras y láminas termocontraíble, los pallets se apilan en rumas de 14 unidades por viaje, según la necesidad se trasladan 425 viajes por turno para producto terminado, estos los deja en el almacén de refrigerados que está a una temperatura de 2 °C, el producto terminado es el que requiere mayor atención.

TABLA I  
ESTUDIO DE TIEMPOS DE MONTACARGAS - PROCESO LÁCTEO 1

Montacargas Materiales	Paletas/turno	Minutos/turno
Polietileno	5.1	128.9
Galonerías	14.9	38.5
Lámina termocontraíble	0.8	37.3
Chocolate Crispy	1.8	30.2
Tapas plásticas	3.8	25.5
Etiquetas	1.3	23.3
Strech film	0.1	16.3
Vasos plásticos	2.3	12.8
Lámina tapa	0.2	9.3
Bandeja de plástico	1.0	5.4
Lámina pigmentada blanca	0.5	4.8
Lámina pigmentada roja	0.7	4.8
Bolsas promociones	0.2	4.7
Lámina decorativa	0.0	4.7
Lámina de crema	0.0	4.7
Lámina Sachet	0.2	4.7
Planchas de cartón	0.5	4.5
Cucharitas plásticas	0.2	4.3
Sobrecopas transparentes	0.6	4.3
Montacargas Produccion		
Producto terminado	425.5	638.3
Pallets vacíos	30.4	204.5
Pulpa de fruta	5.0	139.9
Jabas plásticas	7.2	34.5
<b>Total general</b>	<b>502.2</b>	<b>1402.1</b>

Para atender al proceso lácteo 2, se necesitan alrededor de 1402 minutos por turno, es decir 4 equipos móviles por turnos, se calculó la cantidad de montacargas en los demás procesos y se ve en la tabla II. En este se describe la cantidad de equipos móviles asignados a cada área productiva. Hay 2 que son eléctricos y 10 a gas GLP, y los horarios de trabajo son las 24 horas, divididos en 3 turnos de ocho horas, y su fuerza laboral es de 36 choferes.

TABLA II.  
ASIGNACIÓN DE MONTACARGAS A LAS ÁREAS PRODUCTIVAS

Área	Tipo	N <sup>o</sup> Montacargas
Elaboración 1	Insumo	1
Proceso lácteo 1	Materiales	1
	Producto	3
Elaboración 2	Insumo	1
Proceso lácteo 2	Materiales	2
	Producto	2
No Lácteo	Materiales/ Producto	2

12

Estos equipos móviles realizan traslados de materiales de empaque, insumos, producto terminado y recojo de segregación de residuos sólidos.

### 1.3. Cycle Time

Es el tiempo que tardará en armarse una sola operación de fabricación en una unidad, desde el principio hasta el final [14]. Para la investigación será cuanto tiempo demora en producir un pallet de producto terminado, con un total de 12 líneas productivas entre los 3 procesos que se han comentado anteriormente y que se muestran en la tabla III, podemos observar que la línea de Productos No lácteos es el más crítico, es decir un pallet sale cada 4.5 minutos, el tiempo de apilado es cuando se arman los palletes a varios niveles y el tiempo de forrado corresponde a la colocación del stretch film, rótulo de identificación del producto, y finalmente el tiempo de ambos es el tiempo de ciclo. El montacargas lo levanta y traslada hacia los almacenes. Este nos dará el ritmo de salida de producto terminado (minutos por pallet) y la frecuencia de ingreso de los materiales de empaque.

TABLA III  
TIEMPO DE CICLO DE LAS LÍNEAS PRODUCTIVAS

N <sup>o</sup>	Área	Línea	Min Apilado	Min. forrado	Cycle time
1	Lácteo 1	L2	6.4	3.0	9.4
2	Lácteo 1	L1	9.6	2.9	12.5
3	Lácteo 1	L3	8.7	3.1	11.8
4	Lácteo 1	L5	4.9	3.2	8.1
5	Lácteo 1	L4	8.1	4.0	12.1
6	Lácteo 1	L6	7.2	3.5	10.7
7	Lácteo 2	LC1	6.8	4.8	11.6
8	Lácteo 2	LC3	10.8	4.8	15.6
9	Lácteo 2	LC2	6.8	4.8	11.6
10	Lácteo 2	LC9	10.8	5.0	15.8
11	Lácteo 2	LC10	10.4	4.9	15.3
12	No Lácteo	LPET	3.0	1.5	4.5

### 1.4. Simultaneidad de Líneas productivas

Para conocer si todas líneas producen a máxima capacidad, se revisó el histórico de cuantas líneas trabajan en forma simultánea en un turno de trabajo, se realizó con un muestreo de 331 turnos de los últimos 4 meses, y como se aprecia en la figura 4, la mayor frecuencia es de 135 veces que producen 10 líneas en simultaneo, la menor frecuencia es de una sola línea que tiene una frecuencia de 11, y esto se dan los domingos y sólo el 28% representa el uso de 12 líneas en simultaneo.

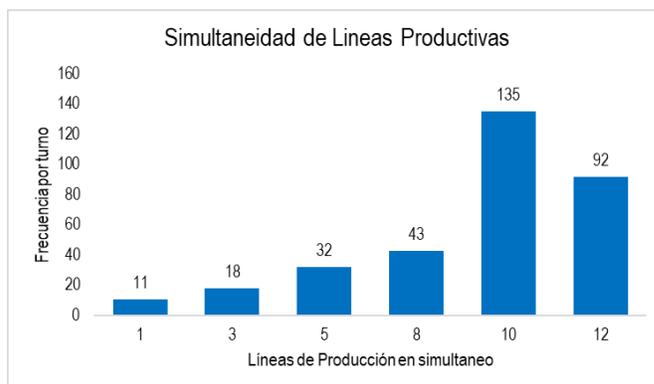


Fig. 4 Gráfico de barras en simultaneidad de líneas

### 1.5. Problemática del Proceso Productivo

Con la información recopilada y analizada, se puede observar que existen oportunidades de mejora que representan gran impacto en el abastecimiento y traslado de materiales, se realiza una proyección de la cantidad de equipos móviles que serán necesarios en el año, esto se calcula en base al plan maestro de la producción mediante la explosión de materiales. Sin embargo, este es referencial ya que el programa en ocasiones se reajusta y por motivos de ingreso de promociones, nuevos productos o cancelación de pedidos.

La programación anual se adapta a una planeación agregada, que es contar con lo necesario, optimizando los recursos mediante el método gráfico que son la nivelación y realizando horas extras.

El despliegue y cumplimiento del plan se aterriza en el programa productivo semanal y vemos que al inicio la producción es baja, teniendo montacargas sin uso y a la espera que inicien las operaciones, también los cambios en la programación se realizan horas antes que inicie la producción, obediendo que las líneas tengan paradas por esto, afectando al recurso en estudio.

Los montacargas circulan por varios puntos de la planta con poco espacio, cruces entre ellos, retorno de los equipos sin carga de materiales, haciendo un total de 720 pallets al día, con el retorno de los equipos sería 1632 veces que circulan entre materiales y producto terminado. Adicional a esto, por Esta zona se trasladan los residuos sólidos, paletas vacías y jabs

plásticas, todo ello genera congestión vehicular y demoras en la entrega de los productos. Así también la distancia entre las líneas productivas y los almacenes es 1100 metros como se muestra en la figura 5.

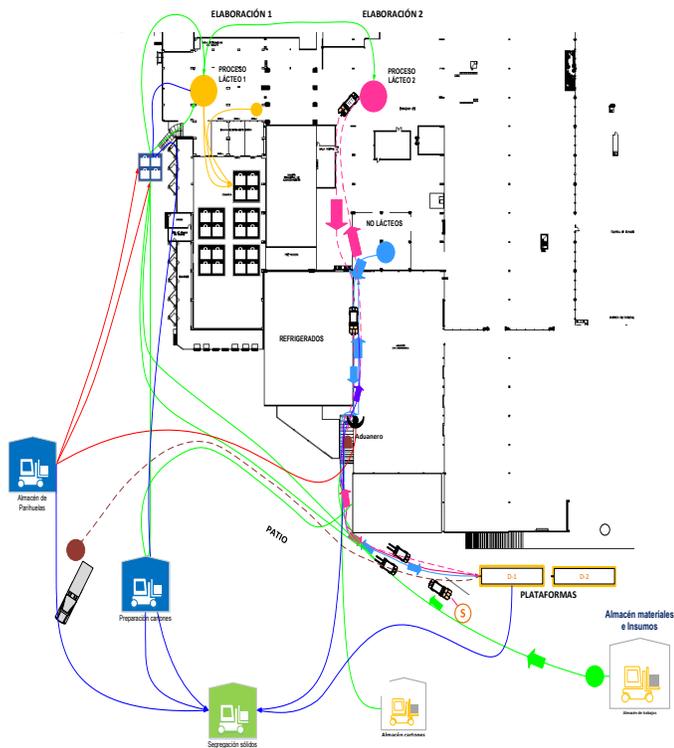


Fig. 5 Diagrama de Espaguetti de la planta.

Los equipos móviles mantienen una velocidad lenta, esto es a consecuencia de posibles accidentes peatonales, e impacta directamente en la productividad, así también tiempos muertos por disponibilidad de materiales y trasladados de producto terminado. En la investigación se trató de que esta acción no impacte en las entregas u otros problemas ya mencionados.

Dentro de los desperdicios que se identificaron en el proceso durante el abastecimiento de materiales y producto terminado, se tomaron en cuenta la falta de materiales de empaque en el área de producción, en lo cual, mediante el uso de la herramienta de los 5 Porqué, se evidenciaron 3 causas raíz, como el mal diseño de rutas para los equipos móviles, programa sin disponibilidad de materiales, y falta de orden. Así también se identificaron otros desperdicios como la acumulación de materiales en los almacenes diarios sin rotación, y esto es por los cambios en la programación, cancelaciones de los pedidos, pero los materiales no son devueltos a logística.

Finalmente, el crecimiento de la demanda se ha dado porque la empresa no proyectó crecer en el tiempo, como se muestra en la tabla IV. Por ser un alcance estratégico, se realizarán mejoras para suplir los efectos que puedan generar y que no afecten las operaciones en los traslados.

TABLA IV  
ANÁLISIS DE LOS 5 PORQUÉ

Problema	Porqué 1	Porqué 2	Porqué 3	Porqué 4	Causa Raíz
Falta de Materiales empaque al área de Producción	Demora el traslado de Materiales hasta el almacén diario de producción	Congestión vehicular en el área de producción	Traslado materiales y producto pasan por la misma zona	Producción en simultaneo	Mal diseño de rutas para los equipos móviles
		Traslado lento de materiales (10 km/hr)	Velocidad regulada	Evitar accidente vehicular	
		Mayor tiempo en el traslado de materiales	No identifican los nuevos almacenes	Almacén de materiales distante de producción	Crecimiento de la demanda
	Montacargas no son usados eficientemente en las horas programadas	Cambio en la programación de la producción	Priorización de otros productos	Falta de aprobaciones	Programa sin disponibilidad de Materiales
		Materiales se colocan en cualquier lugar	Choferes desconocen la ubicación asignada	Falta coordinación entre choferes	Falta de orden y ubicación de Montacargas

### 1.6. Diagnóstico del Proceso Productivo

- El almacén central de materiales de empaque se encuentra distante de producción, el traslado de estos lo realiza el montacargas, teniendo un tiempo de 4.5 minutos por viaje, ante un cambio en la programación, el montacargas tendría que ir nuevamente a devolver el material que no utilizará.
- Acumulación de cajas de cartón en la zona de trabajo, generan desorden, el área no cuenta con un método de trabajo para ordenar las cosas, perjudicando las tareas de los operadores. Esto se debe al diseño de trabajo.
- Acumulación de paletas terminadas en el patio de distribución, por falta de un método de trabajo para el traslado, alrededor de 25 paletas, esto ocurre durante el primer turno.
- Los 3 procesos cuentan con 12 líneas productivas y sólo el 69% trabajan de los turnos entre 10 a 12 líneas en simultaneo.

#### Objetivo General

Diseñar un sistema pull para incrementar la productividad en el abastecimiento de materiales y producto terminado en una empresa de consumo masivo.

#### Objetivos Específicos

- Mapear y Diagnosticar la situación actual del sistema productivo en el abastecimiento de materiales
- Eliminar los desperdicios mediante la implementación de herramientas Lean siendo sostenible en el tiempo
- Identificar indicadores para la mejora del proceso de abastecimiento de materiales
- Determinar la influencia del diseño Pull para la generación de flujo continuo en el abastecimiento de materiales
- Evaluar técnica y económicamente la implementación de la mejora en el proceso de abastecimiento de materiales

### III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La investigación es experimental y cuantitativa, se desea optimizar el proceso de abastecimiento de materiales al sistema productivo mediante un sistema de flujo continuo, obtener información, analizarla e implementar la mejora en el proceso aplicando un sistema pull como parte del Lean Manufacturing, el estudio tomó un tiempo de 10 meses, y nos llevó a la identificación de mejores rutas de materiales y los problemas que ocurrían.

La implementación del sistema pull, implicará que cada proceso entregue aquello que su cliente requiere, en el volumen y momento requeridos [15] [16]. Ello podrá implicar que en determinados puntos del flujo sea preciso un stock y no sólo para evitar roturas del flujo por problemas internos, sino ahora para entregar al cliente la cantidad de producto que requiera, en el momento requerido y también, entregar el tipo de producto requerido, con la calidad solicitada y que el tipo de stock sea de tipo FIFO.

Esto promueve una reducción precisa y controlada del inventario y es la base para la mejora continua del sistema de manejo de materiales en el sistema productivo. La compilación de datos precisos depende del alcance de los componentes, diferentes empresas se basan en diferentes piezas de información crítica para su propio PFEP

Dentro del ciclo de mejora, el PFEP consiste en la estrategia para el manejo de cada número de parte (materia prima, inventario en proceso y producto terminado) que se utiliza en el proceso de manufactura siendo administrado en una base de datos. EL PFEP ayuda a localizar y reconocer dónde y cómo será utilizado el material empleado en el proceso, tanto como a controlar el inventario reduciendo el espacio utilizando y haciendo más eficiente la participación de los empleados. Es utilizado para configurar rutas de entrega, diseñar el mercado de las partes compradas, crear ventanas y recibos, etc.

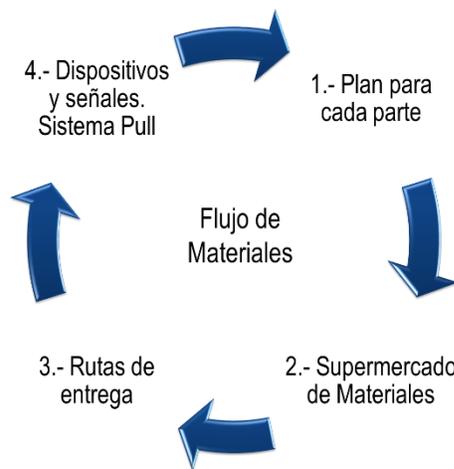


Fig. 6 Metodología. "Making Materials Flow". Harris, C.

#### 1. Desarrollar el Plan Para Cada Parte (PFEP)

Se consideró una planilla para el control de los inventarios, mostrará las acciones relevantes para administrar el proceso sin errores. En la tabla V se describe los tipos, cantidades, ubicación y la frecuencia de orden de los materiales de empaque. Acá se coloca las nuevas zonas para el abastecimiento en lo cual se comentará ampliamente en el siguiente paso.

TABLA V  
DESCRIPCIÓN DEL PLAN PARA CADA PARTE. PFEP

N °	Descripción	Uso por turno	Ubicación turno	Frecuencia de orden
1	Pallet de madera	279	Zona "A"	turno
2	Cajas de cartón	22,500	Zona "A"	diario
3	Bobina empaque	45	Zona "A"	turno
4	Bobina termocontraíble 6pk	6	Zona "A"	turno
5	Tapas recap	5,200	Zona "A"	turno
6	Bobina Cinta MPM	6.0	Zona "A"	turno
7	Caja Goma caliente x 5KG	1.0	Zona "A"	turno
8	Unidades de Preformas	6,667	Zona "C"	diario
9	Unidades de Tapas plásticas	6,667	Zona "B"	diario
10	Sacos Polietileno x 25 KG	200	Zona "B"	turno
11	Lámina termocontraíble x 25 KG	12	Zona "B"	turno
12	Cajas Chocolate Crispy x 10 KG	2	Zona "B"	turno
13	Tapas plásticas	200	Zona "B"	turno
14	Bobinas Etiquetas x 15 KG	5	Zona "B"	turno
15	Bobinas de Stretch film x 3 KG	48	Zona "C"	turno
16	Cajas Bandeja de plástico x 40 unid	10	Zona "C"	turno
17	Lámina pigmentada blanca x 200 KG	2	Zona "C"	turno
18	Lámina pigmentada roja x 200 KG	2	Zona "C"	turno
19	Bolsas promociones	250	Zona "C"	turno
20	Lámina decorativa	3	Zona "D"	turno
21	Lámina de crema	3	Zona "D"	diario
22	Lámina Sachet	2	Zona "D"	turno
23	Unid Planchas de cartón	200	Zona "D"	diario
24	Cucharitas plásticas	1,500	Zona "D"	turno
25	Sobrecopas transparentes	1,500	Zona "D"	diario

#### 2. Construir un modelo de Supermercado para materiales en todo el sistema productivo

Se instalaron 4 supermercados en la planta, para el abastecimiento de materiales y recojo de producto terminado, se dejó de trabajar por áreas sino por proceso, esto quiere decir que los montacargas fueron asignados por el tipo de supermercado. Sus actividades son de atender al cliente interno como son el proceso lácteo 1, 2 y No Lácteo.

Y consiste en retirar lo que necesite cuando lo necesiten, el proveedor que es logística surte los pedidos, los supermercados se ubican en el límite o entre zonas como se muestra la figura 7.



Fig. 7 Supermercado de insumos.

### 3. Diseñar rutas de abastecimiento

Se cambiaron las rutas y asignaciones de trabajo a los choferes de montacargas, el abastecimiento de materiales y producto terminado se realizarán por zonas o áreas apropiadas para la libre circulación de estos equipos, se implementaron 5 zonas a las que definimos zona “A” hasta la zona “E”. Los cuales soportarán en los turnos de trabajo, mejorar el control de inventarios, flujo continuo de aprovisionamiento, y creemos que lo más importante que es la seguridad de los trabajadores durante las maniobras.

En la figura 8 se observan las zonas, nuevos recorridos, en el cual los montacargas no realizarán rutas largas desde logística o almacén central hasta las áreas productivas. Se habilitarán espacios físicos y señalizados. Esto se dio con la validación de seguridad en las rutas y espacios donde dejar los materiales. Se realizaron pruebas ácidas es decir a 12 líneas de producción, como se explicó en la figura 4 de simultaneidad no siempre se corre a máxima capacidad, es por ello sería más rápido en mover los materiales según los tiempos de reposición.

En las rutas propuestas, se tomaron en cuenta las velocidades de los montacargas y que no afectaran el flujo de abastecimiento.

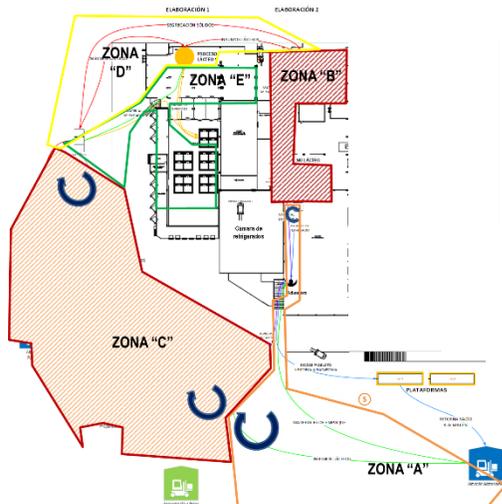


Fig. 8 Diagrama de recorrido por rutas y zonas.

Se realizó un segundo estudio de tiempo durante la implementación de la investigación, donde debíamos corroborar la efectividad de las nuevas rutas, evidenciar oportunidades y/o eventos, así también la cantidad de montacargas con que debíamos trabajar en los 3 turnos del día se reduciría como se había planteado inicialmente. Se empezó a realizar las pruebas por zonas, a los choferes se les debe informar las cantidades a trasladar a los puntos asignados de los materiales.

En la figura 9 se puede ver el detalle de las zonas “B” y “E” los montacargas recogen los pallets de producto y retornan y los de materiales lo dejan en el supermercado.

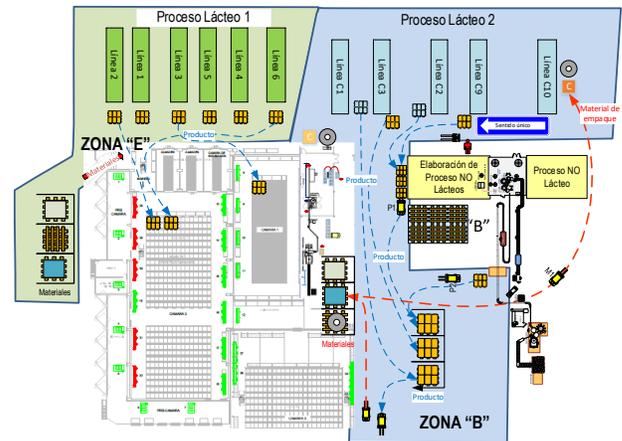


Fig. 9 Rutas zonas “B” y “E”.

Es por ello que en la tabla VI se obtiene la nueva distribución de montacargas y por zona, se puede apreciar que para el traslado de materiales e insumos el estándar es de 1 equipo, para el abastecimiento de insumos son 2, mientras para los productos son 2, y este último es por la velocidad de las líneas productivas y porque trabajan de manera simultánea.

Vemos una reducción de 12 a 8 equipos por turno. Así también la producción genera residuos sólidos, como bolsas de papel, sacos de rafia, bidones, bolsas de plásticos y pallets vacíos de los insumos son trasladados al almacén de residuos, asegurando orden y limpieza.

TABLA VI.

Nº MONTACARGAS EN EL ABASTECIMIENTO DE MATERIALES Y PRODUCTO

Antes Nº Equipos	Zona	Ahora Nº Equipos	Actividades
1			(sólo materiales recoge sólidos)
1	“A”	1	Materiales e insumos a Proceso 2
3	“B”	2	Producto de Proceso 2 y No lácteo
1	“C”	1	Materiales e insumos a Proceso 1
2	“D”	2	Insumos de Elaboración
2	“E”	2	Producto de Proceso 1
12		8	

#### 4. Implementar el sistema Pull: Tarjetas Kanban

En esta parte llevaremos a cabo el nuevo sistema de manejo de materiales con sistema de administración de la información, que asegure el correcto desempeño que se está implementando en los demás pilares.

Respecto al diseño de Sistema Kanban, según la investigación se diagnosticó el estado del sistema de producción actual en lo cual se ha realizado inicialmente. El siguiente es recolectar y seleccionar los parámetros pertinentes e indicadores clave de la producción y el cliente, con la finalidad de identificar cuál son las líneas críticas, y a partir de esta implementar el proyecto de investigación que permita corregir errores y ajustar el sistema Kanban. El tercer paso es llevar a cabo una capacitación instructiva sobre los principios básicos y beneficios del Kanban.

El cuarto paso es estudiar el sistema Kanban en el área de Producción, diseñar las tarjetas y el tablero Kanban, basándose en que la transición de un producto al siguiente proceso no debe tener interrupciones ni largos paros. El diseño del material, que incluye el formato de la tarjeta Kanban y su instructivo de llenado del tablero Kanban, esto se visualiza en las tablas VII y VIII.

El quinto paso es realizar una capacitación sobre el uso e interpretación de las tarjetas y el tablero Kanban en la empresa, que culminará con el diseño del flujo Kanban de los tipos de productos que fabrica la empresa. El sexto paso es simular el sistema Kanban en la línea de producción crítica de la empresa. El séptimo paso es la implementación de este sistema en la línea de producción crítica. El octavo paso es la implementación del sistema Kanban en las demás líneas de producción. El noveno paso es el monitoreo y control diario del flujo del sistema Kanban durante el período que comprenden los pasos séptimo y octavo. Finalmente, el décimo paso es evaluar y documentar.

TABLA VII.  
FORMATO DE LLENADO DE LA TARJETA KANBAN

Colocar nombre de producto (impreso)		
Proceso actual	Elaboración del lácteo 1	Colocar imagen del producto (impreso)
Proceso de destino	Elaboración	
Responsable(s)	Supervisor de turno	
	Almacenero de producción	
	Colocar nombre de tercer responsable (manual)	
Cliente	Proceso lácteo 1	Colocar código de barras de producto (impreso)
Fecha de toma de pedido	Colocar "día/mes/año"	
Fecha de entrega de pedido	Colocar "día/mes/año"	

TABLA VIII.  
FORMATO DE LLENADO DE LA TARJETA KANBAN

Tablero de seguimiento Kanban						
Proceso	Pendiente	En Proceso				Terminado
Lácteo 1	 Pedido 1	 Elaboración	 Incubación	 Llenado	 Empacado	 Pedido 1
Lácteo 2	 Pedido 1	 Elaboración	 Proceso UHT	 Envasado	 Empacado	 Pedido 1
No Lácteo	 Pedido 1	 Elaboración	 Pasteurización	 Llenado	 Empacado	 Pedido 1

En la tabla IX Se muestra la cantidad de materiales que se necesitarán para la producción del proceso Lácteo 1, y para que funcione el Kanban las tarjetas de deben colocar las cantidades que deben aprovisionar por turno, en lo cual las zonas "A" y "B" interactúan eficaz y eficientemente.

El análisis de esta tabla consiste en lo siguiente; si para producir 279 pallet de producto terminado por turno, el montacargas asignado a la zonas "A" es aprovisionar los materiales entre ellos pallet de cartones para el empaçado al supermercado que se ubica en el proceso lácteo 2, si necesito 15 pallet de cartones, se debe distribuir mediante las tarjetas kanban en un turno como se muestra en el formato de la tabla VIII para los materiales como bobinas de empaque, rollos de aluminio de producto durante el envasado y lámina termocontraíble, stretch film y pallet vacíos para el empaçado, con esto ya no es necesario trasladar todos los materiales en el almacén diario, generando inventarios.

Como se calculó en la tabla III, se debe abastecer materiales cada 10.7 minutos y otros 15.8 minutos, en la zona "A", se abastece materiales para la reposición, y generar flujo de materiales. Mientras el montacargas de la zona "A" deja materiales, recoge el producto del supermercado ubicado en esa zona y con ello siempre el equipo móvil tendrá carga para trasladar.

TABLA IX.  
REQUERIMIENTO DE MATERIALES

Línea	Velocidad unid/hr	unid/pallet	N° Pallet	N° Pallet de cartón	N° Pallet bobina TTP	N° Pallet rollos 6pk	N° Pallet Recap	N° Pallet Cinta
LC1	8000	900	71	4.0	2	0	1.0	1.0
LC3	8000	900	71	4.0	2.0	0	0.8	1.0
LC9	8000	1440	44	1.8	1.5	0.1	0.4	0.4
LC2	8000	1440	44	1.8	1.5	0.1	0.4	0.4
LC5	24000	4032	48	3.0	2.0	0.6	0.0	3.0
			<b>279</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>1.0</b>	<b>2.6</b>	<b>6.0</b>

Finalmente, como parte de la metodología para mejorar el proceso de abastecimiento de materiales, se propusieron e implementaron indicadores que aseguren la sostenibilidad de la

investigación, y se muestra en la tabla X. si bien es cierto se comentó sobre la falta de materiales, como problemática principal, los inventarios que se acumulaban en los almacenes fueron la consecuencia de cambios en la programación.

Tabla X.  
PLAN DE MEJORA Y KPI'S DE SEGUIMIENTO

Nº	Problemática	Causa Raíz	Propuesta de mejora	Nº	Medición
1	Falta materiales de empaque a Producción	Programa sin disponibilidad de Materiales	Ajustar la programación semanal, asegurando la disponibilidad de materiales	1	% Cumplimiento plan semanal
				2	OEE por motivo de paradas por falta de materiales
2	Traslados largos de montacargas	Diseño de rutas para los equipos móviles	Creación de zonas y rutas para abastecer materiales	3	Consumo de gas GLP m³/mes
				4	Tiempo de recorrido del montacargas min.
				5	Costo arrendamiento de montacargas S/.
3	Inventario en proceso, cartones sin movimiento	Falta de orden y ubicación de montacarguista	Consumir los materiales en base a un sistema Pull	6	Check List, usar lo necesario
				7	Inventarios en proceso

#### IV. CONCLUSIONES

Mediante los estudios de tiempos & movimientos se diagnosticó el proceso de abastecimiento de materiales en los 3 procesos, en el cual había actividades no agregan valor.

Mediante el sistema Pull, se eliminaron los desperdicios como traslados innecesarios de montacargas, inventarios de materiales de empaque que se acumulan en los almacenes diarios y líneas productivas que en ocasiones dificultaban las labores de los trabajadores, falta de materiales ante los cambios en el programa, este último se tuvo que trabajar con una producción ajustada, asegurando la disponibilidad de los materiales en stock.

Se implementaron métricas para el cumplimiento del plan semanal, se cuenta con disponibilidad de materiales y alertar a las operaciones si hubiera cambios previos, se dejaron de arrendar 4 equipos móviles al mes por la empresa, así también 4 choferes por turno <> 12 al día, el consumo de LGP se redujo en un 30%, las paradas por falta de materiales se redujeron de 210 a 20 minutos, dejando de ser crítico.

La influencia del sistema pull al proceso es positiva, ya que generó flujo continuo de materiales, lo cual permitió reducir las distancias entre almacenes de logística y áreas productivas respecto de la situación inicial.

El diseño de un sistema pull representa un impacto positivo para la empresa, se redujeron los costos en mano de obra de choferes

y alquiler de montacargas, por una reducción de S/. 390,537 al año y esto se dio con inversión mínima, sólo se costearon los paneles y plantillas Kanban. Demostrando que la mejora continua se hace con los mismos recursos o lo que se tiene.

Los montacargas migraron a otro tipo de centro de costo, asignados por zonas de trabajo y dejaron de pertenecer a las áreas, esto ayudó a tener un mejor control en el abastecimiento de materiales.

Se utilizaron horas para las capacitaciones a los choferes de montacargas, almaceneros tanto de logística y producción, estos lo vieron como un nuevo método de trabajo, una forma distinta de hacer las cosas.

#### Referencias

- [1] Ohno, T. (1991). El Sistema de producción Toyota. Más allá de la producción a gran escala. Ediciones Gestión 2000, S.A.
- [2] Hirano, H. (1991). Manual para la implementación del JIT, Tomo II. Copyright: Productivity Press, pp. 375-454.
- [3] Cuatrecasas, L. (2015). Lean Management: La gestión competitiva por excelencia. Séptima edición Barcelona: PROFIT editorial, pp. 235-256.
- [4] Suzuki, K. (1987). Competitividad en fabricación en la década de los 90: Técnicas para la mejora continua. Madrid: The Free Press, pp. 249-294.
- [5] Womack, J.P (1991). The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production, Harper Business
- [6] Harris, R. & Harris, Ch. Making Materials Flow. (2003). A Lean Material handling guide for operations, production, control and engineering professionals. The Lean Enterprise Institute.
- [7] Rajadell, M. & Sánchez, J. (2010). Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad. España: Díaz de Santos.
- [8] Tapping, D. y Shuker, T. (2003). Value Stream Management for the Lean Office. Eight steps to planning, mapping, and Sustaining Lean Improvements in Administrative areas. USA: Productivity Press
- [9] Rother, M. y Shook, J. (1999). Observar para crear valor. Cartografía de la cadena de valor para agregar valor y eliminar “muda” (versión 1.2). USA: The Lean Enterprise Institute.
- [10] Socconini, L. (2017). Lean Manufacturing paso a paso. 1º edición. México: Pandora, pp147-148
- [11] Angeles Estrada, Job. “Sistema Kanban como una ventaja competitiva en la micro, pequeña y mediana empresa” Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México, 2006.
- [12] Luna, G. & Collao, M. (2022). El plan maestro de producción y la incertidumbre en el sector manufactura: una revisión de la literatura. Ingeniería Industrial, Revista de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Lima. Fondo Editorial
- [13] B.W. Niebel, A. Freivals. “Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño de trabajo” 12ª ed. Editado por McGraw-Hill Interamericana-2009, pag 526. ISBN-978-970-10-6962
- [14] Martínez, P.; Martínez, J.; Nuño, P. y Cavazos, J. (2015). Mejora en el tiempo de atención al paciente en una unidad de urgencias mediante la aplicación de manufactura esbelta. Revista Información tecnológica, 26 (6), 187-198. Recuperado de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642015000600019](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642015000600019)
- [15] Huerta, A. (2020). Reducción de manejo de materiales en línea en una ensambladora de autos mediante la aplicación de Lean Manufacturing. Ingeniería Industrial, Revista de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Lima. Fondo Editorial.
- [16] Franco, J. M., Jimenez-García, J. A., y Ruelas-Santoyo, E. A. (2019). Minimization of the time for the materials supply through a mixed integer linear programming model. Dyna Management, 7(1). doi: <http://dx.doi.org/10.6036/MN9037>