

## DISTRIBUCIÓN EN LÍNEA EN EMPRESA DE ALIMENTOS

### LINE DISTRIBUTION IN FOOD COMPANY

(Recibido el 19-01-2015 - Aprobado el 20-02-2015)

**Admr. Yesid Giraldo Restrepo**  
**Institución Tecnológica Metropolitana,**  
Profesional, Medellín-Colombia  
*yesidgiraldo124754@correo.itm.edu.co*

**Mg. Jonathan Bermúdez Hernández**  
**Institución Tecnológica Metropolitana,**  
Docente investigador; Grupo de Investigación en  
Ciencias Administrativas,  
Medellín-Colombia  
*jonathanbermudez@itm.edu.co*

**Resumen.** El presente artículo tiene como objetivo el diseño de implementación de la logística de distribución en línea como estrategia operativa, en algunos procesos de una planta que no cuenta con ello. La logística de distribución en línea, es de gran importancia para las empresas industriales que deseen tener altos estándares de servicio y respuesta a la demanda existente de clientes, asociados o aliados estratégicos, en ítems como justo a tiempo y capacidad instalada. Los principales resultados de la implementación de esta, se reflejarán en aumento de la oferta, respuesta a la demanda, fuerza operacional, considerables ahorros en costos fijos y variables y disminución gradual en los gastos administrativos. La investigación se realiza en una empresa del sector industrial de alimentos, y las líneas con que cuentan se especializan en dos secciones: alimentos empacados y alimentos preparados al consumidor. Se proponen una serie de estrategias de implementación de esta modalidad de logística de distribución para generar un impacto positivo en la organización.

**Palabras clave:** distribución en línea, innovación estratégica y logística operacional

**Abstract.** The present work aims to design implementation of online distribution logistics and operational strategy, in some processes of a plant that doesn't have it. The online distribution logistics, is of great importance for industrial companies who want to have high standards of service and response to the demand, as customers, partners and strategic allies, items as: just in time and installed capacity. The main results of the implementation of this will be reflected in: increased supply, demand response, operational strength, considerable savings in fixed and variable costs and gradual decrease in administrative costs. Research is conducted in a company's food industry, and the lines that have specialize in 2 sections: packaged consumer foods and prepared foods. A series of implementation strategies of this type of distribution logistics to generate a positive impact on the organization proposed.

**Keywords:** line distribution, strategic innovation and operational logistics

## 1. INTRODUCCIÓN

En la investigación llevada a cabo, se da a conocer la viabilidad e impacto de implementar logística de distribución en línea en los segmentos de: gaseosas, café, chocolate, azúcar y refrigerados en la empresa industrial analizada, dicha compañía hace parte de uno de los principales grupos industriales de Colombia.

Se plantea, cuál sería el esquema adecuado e idóneo para los segmentos que no cuentan con este tipo de distribución implementada. El objetivo con ello es potencializar actividades, procesos, procedimientos y acciones en general. Referente al costo de esta, es vital tener presente que este tipo de logística de distribución es una excelente opción, pero el coste de su implementación en general es alto, ya que se debe asegurar la implementación de esta en varios escenarios como descriptivo (normas pertinentes),

capacitación (enseñanza a los empleados) y físicos (zona operativa). Así mismo, es importante dar a conocer que el análisis que se realizó pone en evidencia la necesidad de dicha logística de distribución en línea, ya sea para fortalecer todo la distribución y así generar mayor eficiencia; o para generar una estrategia organizacional, como proyectos a largo plazo, expansión de la marca en otros mercados, etc. Este último factor es de gran importancia, ya que la empresa tiene trazada en su política y objetivos la diversificación, el crecimiento, la conquista de nuevos mercados, las alianzas estratégicas y demás. Lo cual ofrece un panorama alentador en toda su dimensión para proponer mejoras vitales como la distribución en línea.

**2. MARCO TEÓRICO**

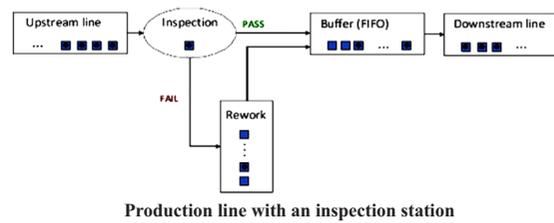
La logística en línea aplicada a la industria se presenta en varios escenarios, siendo la producción y distribución los principales para su aplicación. La logística en línea está moldeada por herramientas de calidad, producción, matemática, lógica, estadística, sistemática, software y demás. (Aqlan, Lam, y Ramakrishnan, 2014, p.4).

**2.1 Tiempos, pruebas y análisis**

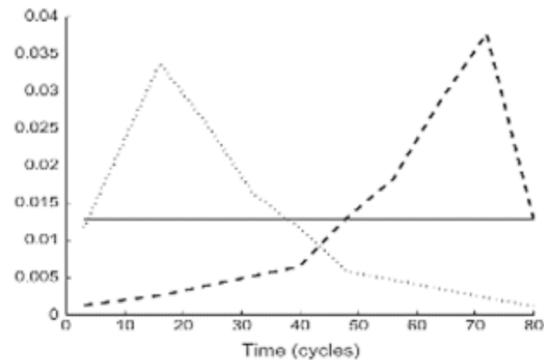
Inicialmente para plantear un adecuado sistema en línea en una empresa y/o industria se debe tener en cuenta la medición de tiempos, ya sea por: actividades, procesos, procedimientos, ciclos, periodos, lapsos entre otros, pues esta proporcionará un escenario más claro de los procesos de mejoramiento en el modo de operar que se tenía implementado antes del sistema en línea; se realiza una comparación, medición, balanceo y análisis de resultados así: proceso antiguo individual vs proceso línea grupal.

Con relación a este tema Jarrahi y Abdul-Kader (2014, p.2), muestran como Johri desarrolló un modelo de programación lineal para medir el tiempo de ciclo en una producción en serie automatizada, línea en la que cada estación de trabajo es propenso al fracaso. Buzacot presentó algunos modelos simples de los sistemas de producción-inventario y demostraron cómo la capacidad de producción y la flexibilidad se han mejorado con el uso de los bancos de inventario.

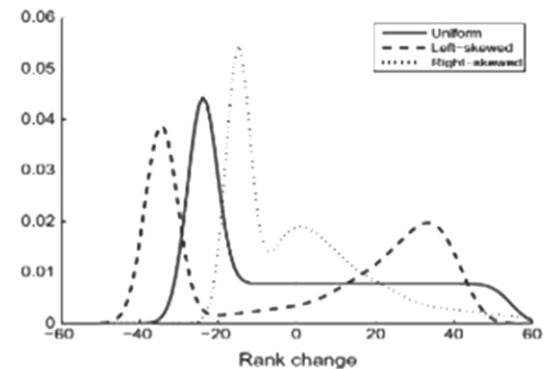
Una de las ideas por la cual optar, es dividir el funcionamiento de la línea de producción en ciclos de tiempo, y asumir que el mismo ciclo de tiempo es compartido por toda la línea. (Rudolf, Noyan, y Giard, 2014, p.2).



*Figura 1. Producción en línea con una inspección de estación. Elaborado por: Rudolf, Noyan, y Giard, 2014, p.2*



(a) Conditional rework time distributions



(b) Rank change distributions ( $p_0 = 0.4$ )

*Figura 2. Tipos de distribuciones de tiempo de retrabajo. Elaborado por: Rudolf, Noyan, y Giard, 2014, p.15*

A partir de investigaciones, se puede ver la trascendencia de selección de la inspección adecuada o correcta de la evaluación, e integrarla en la línea de producción es realmente importante, ya que va a afectar el resultado o salida de la línea de producción. También es evidente que la cuestión de la inspección y la línea de producción debe ser dirigida, ya que afecta la producción de la empresa. (Rakiman y Bon, 2013, p.4).

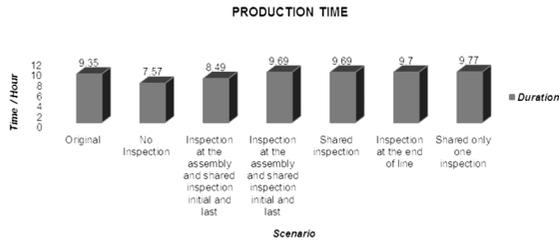


Figura 3. Resultados y conclusiones.  
Elaborado por: Rakiman y Bon, 2013, p.5

El histograma anterior muestra la comparación entre los resultados en términos de tiempo de producción de los diferentes enfoque o alternativa en la determinación de la estación de política de inspección como para cumplir el requisito del cliente de la aplicación de la política de aceptar y/o rechazar inspección. El resultado para el diseño actual de la línea de producción ha dado lugar a 9,35 horas de tiempo de producción en el acabado del lote de 50 entradas (Rakiman y Bon, 2013, p.5).

Para analizar la implementación por medio de ecuaciones, se pone de ejemplo: el balanceo de línea está representado por un incorporado de actividades que se deben ejecutar en cada uno de los productos y el objetivo es establecer las actividades en grupos y que cada una se lleve a cabo en una sola estación de trabajo minimizando el tiempo ocioso. (Correa, Hernan, Trejos, y Arturo, 2006, p.2).

$$C = \frac{\sum(\text{Tiempo disponible} \div \text{Período})}{\sum(\text{Unidades requeridas} \div \text{Período})} \approx \text{Ciclo de Tiempo} \quad (1)$$

Donde, el periodo analizado en los dos escenarios es igual, pero el tiempo disponible y las unidades requeridas lógicamente cuentan cada una con una estimación variada.

Así se calcula el número ideal de trabajadores que se requieren en la línea de montaje:

$$R \bar{X} = \frac{[(\sum^{\infty} \tau \text{ unidad}) \times (\sum \# \text{ unidades})]}{\lim_{n \rightarrow \infty} \tau} \approx \text{Requerimiento ideal} \quad (2)$$

Donde, se multiplican las sumatorias del tiempo que requiere un trabajador para finalizar una unidad, por el número de unidades necesarias y se dividen entre el tiempo disponible.

Por lo tanto, el número mínimo promedio de trabajadores se halla así:

$$\bar{X} \text{ min} = \sum (t \sim \text{unidad} \div C) \approx \text{Mínimo de trabajadores} \quad (3)$$

Donde,  $\sum t$  es la suma del tiempo actual requerido por cada trabajador para terminar una unidad y  $C$  es el ciclo de tiempo disponible. Un balanceo eficiente reducirá al mínimo posible la cantidad de tiempo ocioso.

## 2.2 Sistemas lógicos y semiconductores

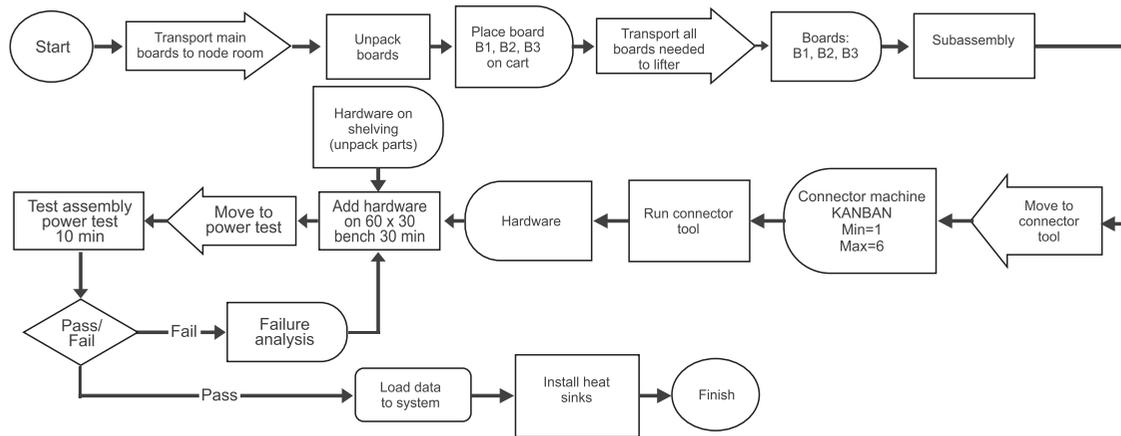
La estrategia de implementar un sistema en línea, es ampliamente compleja ya que también hay analizar qué microprocesadores, semiconductores, software y/o sistemas analógicos-virtuales se emplearán en esta, para examinarlos rigurosamente. Complementando esta afirmación, se debe analizar un proveedor que tenga presente que la industria de los semiconductores se caracteriza por numerosas tecnologías de producción de vanguardia que hacen perfecta la calidad virtualmente imposible, y una cierta porción de dispositivos producidos inevitablemente no pasa las pruebas funcionales de calidad que concluyen su proceso de fabricación. La porción de dispositivos funcionales al final del proceso, denominado "Morir-Rendimiento", es un indicador fundamental de salud tecnológica. (Gilenson, Hassoun, y Yedidsion, 2014, p.1).

En la descripción del sistema de producción se debe considerar la operación de un sistema de fabricación de servidores; una comprensión completa del estereotipo (futuro) del sistema que se requiere para mapear el flujo del proceso y construir el modelo de simulación. Un flujo de proceso simple para una de las líneas de producción se ilustra en la siguiente figura. (Aqlan, Lam, y Ramakrishnan, 2014, p.4).

Con el anterior proceso, se analiza y busca la forma de controlar el adecuado ensamble de la parte lógica que pondrá en marcha el sistema lineal, esta es de suma importancia ya que será la aliada directa de la compañía y principalmente del departamento operativo en la busca de una destacada capacidad instalada.

## 2.3 Estadísticas

En ocasiones cuando se realizan las pruebas matemáticas y estadísticas a este sistema en línea, se debe contar con un cálculo o estrategia formulada para analizar cómo se está comportando el proceso periódicamente. Dando respuesta a esta problemática, se debe tener a la mano ejercicios-pruebas con máquinas ya sean  $K$  y  $K1$  en una línea de producción, los cuales tengan como objetivo minimizar los tiempos totales, a fin de lograr la tasa de rendimiento deseada.



General process flow of the assembly process

Figura 4. Descripción sistema de producción. Elaborado por: Aqlan, Lam, y Ramakrishnan, 2014, p.4

A continuación se debe analizar un planteamiento expuesto de la solución el cual resume el mecanismo de ejecución del enfoque propuesto. Como el algoritmo de despacho se inicia con un valor explícito previamente  $N$  (población) para el tamaño total, y la tasa de rendimiento máximo que se puede obtener con este valor  $N$  se calcula ATS (Análisis de Trabajo Seguro). Esta tasa de rendimiento se compara entonces con el  $f^*$  (frecuencia) deseada, y los nuevos valores de  $N$  sugeridos por el algoritmo de despacho (análisis) de manera repetida. El procedimiento continúa hasta que se satisface el criterio de terminación, es decir, hasta que el caudal deseado pedido solicitado. (Demir, Tunali, Eliiyi, y Løkketangen, 2013, p.2-3).

También se plantean variedad de ecuaciones de evolución elementales, que proporcionan una descripción recursiva de la conducta. Sea  $X_{k,j}$  la denotación del tiempo de entrada del cliente,  $k$  puesta en escena. (Es el comienzo del servicio.) Las horas de inicio obedecen a los pedidos. (Kim y Morrison, 2014, p.3).

$$X_k + 1,1 = \max\{a_{k+1}, X_{k,2}\}$$

$$X_k + 1,j = \max\{X_{k+1,j-1} + \tau_{j-1}, X_{k,j+1}\} \quad (4)$$

$$X_k + 1,M = \max\{X_{k+1,M-1} + \tau_{M-1}, X_{k,M} + \tau_M\}$$

Adaptación de los autores: Kim y Morrison, 2014, p.3

Esta fórmula brinda la posibilidad de evaluar escenarios críticos de pedidos de los clientes, en los cuales se tenga exponencialmente pedidos al máximo de capacidad sin advertencia alguna.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 Empresas de alimentos, demanda (clientes) y calidad (producto)

Se encuentra en experiencias de empresas que ya aplicaron un sistema en línea para su sector operativo, que una sola fábrica puede contener varias líneas de producción para una categoría de producto o, en algunos casos raros, múltiples categorías de productos. La diversidad de líneas de producción, la producción y el tipo de operación puede variar; lo anterior depende de la fábrica, la empresa y los modelos de negocio para diferentes productos, por ejemplo, centrales de producción o de temporada; lote, operación continua o semi-continua (Miah et al., 2014, p.2).

Un análisis operativo da a conocer que cuando el nivel del tren es bajo, los errores son alrededor del 5%, cuando el tren aumenta el nivel, este porcentaje tiende a subir. La configuración con menor frecuencia, en rendimiento JIT (Just In Time) o JAT (Justo A Tiempo) se acerca al ritmo de la etapa de cuello de botella. El error de modelo también disminuye a medida que el nivel del tren disminuye. (Kim y Morrison, 2014, p.10).

Las empresas industriales esperan de los sistemas en línea de corto desarrollo, diseño y fabricación de los ciclos, la baja inversión y costos de operación,

calidad y fiabilidad de la finalización de las operaciones tecnológicas, el rendimiento y la capacidad de cumplir con los requisitos del cliente. Por lo tanto, los fabricantes están tratando de ofrecer los sistemas de producción y líneas, integrados, con mecanismo sistematizados, con elementos de control preciso y rápido, electrónico, potente y fiable, microcomputadoras y pequeñas dimensiones. (Janeková, Kováč, y Onofrejová, 2014, p.1-2)

En la actualidad, se presenta una competencia industrial muy alta y uno de estos sectores que presenta mayor movimiento, estrategias, alianzas y demás es el sector productor y distribuidor de alimentos, así mismo; los fabricantes de alimentos están experimentando aumentos en la variabilidad de la demanda recibida y la variedad de productos requeridos (Huang, et al., 2013).

Es imperativo para las operaciones gestionar las crecientes dinámicas de la situación para evitar el exceso de inventario, mediante la aplicación de un enfoque ágil de distribución de alimentos; así aumentar la flexibilidad de las operaciones y los pedidos de productos para satisfacer la demanda del cliente (Jarrahi, F. y Abdul, 2014).

Este aumento de la flexibilidad apoya la producción a medida que se necesita. Los programas de fabricación son dirigidos con el objetivo de minimizar el costo de almacenamiento, instalación y escasez. Este estudio se centra en una única, ágil, línea de producción con capacidad múltiples productos (Garn y Aitken, 2015, p.3-4).

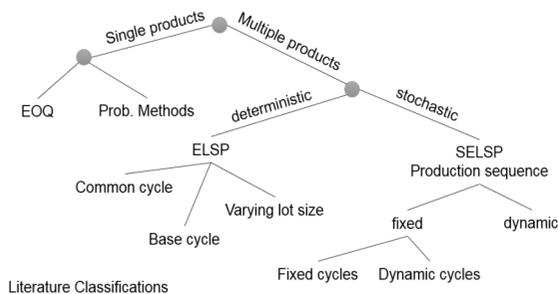


Figura 5. Esquema de evaluación dinámica. Elaborado por: Garn y Aitken, 2015, p.3-4

Se analizan algunas temáticas importantes que forman parte de lo que representa emplear un sistema en línea. En dichas temáticas es posible analizar variables que gracias a su complejidad se dividen en actividades o ítems los cuales se compactan para tener un resultado adecuado.

### 3.2 Modelo

Descripción del sistema y formulación del modelo. El sistema de línea mixta investigado es una adaptación de la parte de la fabricación de módulos de la industria de TFT-LCD. En TFT-LCD los procesos de fabricación contienen tres etapas de Array, células y módulos. El proceso de fabricación del módulo se encuentra al final de todo el flujo de producción y directamente relacionada con las solicitudes y requerimientos de los clientes. El módulo proceso de fabricación es un sistema de producción de la línea de flujo, como se muestra en la figura 6 (Huang, Pei, Wu, y May, 2013, p.3).

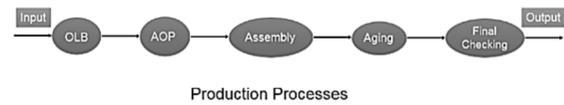
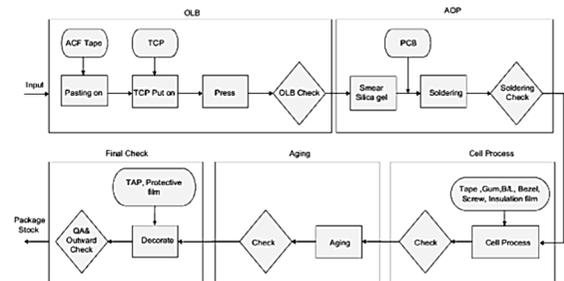


Figura 6. Descripción resumida del sistema y formulación del modelo. Elaborado por: Huang, Pei, Wu, & May, 2013, p.3

Esta descripción da a conocer los pasos vitales del proceso, así: el primero y el último son las ejecuciones externas [Input (entrada) – Output (salida)], y los otros cinco pasos centrales son las ejecuciones internas [OLB (cada empleado opera una máquina al tiempo) - AOP - Assembly (montaje) - Aging (envejecimiento) - Final Checking (Comprobación final)].



Production processes of the case studied.

Figura 7. Descripción amplia del sistema y formulación del modelo. Elaborado por: Huang, Pei, Wu, & May, 2013, p.5

Se evidencia el proceso, así:

- El primero y el último son ejecuciones externas, Input (entrada) – Output (salida).

Los cinco pasos centrales son las ejecuciones internas:

- OLB - 6 actividades.
- AOP - 4 actividades.
- Assembly (montaje) - 3 actividades.
- Aging (envejecimiento) - 2 actividades.
- Final Checking (Comprobación final - 3 actividades.

La distribución en línea es un proceso de ordenación física de los elementos, de modo que constituyan un sistema productivo o de distribución, capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible. Esta ordenación, incluye tanto los espacios necesarios para el movimiento de la materia prima, almacenamiento, trabajadores y todas las otras actividades o servicios (Vázquez y Ruíz, 2012, p.3).

El hecho, por ejemplo, de asignar y/o distribuir trabajadores en los diferentes centros de trabajo, aun cuando pueden existir diferencias entre los tiempos de ciclo de un producto a otro y en el tipo de tareas que se desarrollan en cada estación, amerita tener presente a la hora de elegir escenarios para la mejoría, posibles consecuencias en diversas variables expuestas (Pérez y Parra, 2010, p3).

Varios autores aconsejan emplear variedad de estrategias y métodos para implementar el sistema en línea en una empresa, por ejemplo: Hillier y Liberman (2001) sugieren que el primer paso para simular una operación es desarrollar un modelo que represente el sistema. Winston (2003) y Muñoz (2010) afirman que la forma adecuada para simular una operación como la considerada en este trabajo es a través del desarrollo de un método de simulación utilizando distribuciones de probabilidad conocidas como simulación o método de Monte Carlo (Vanalle, Lucato, Vieira Júnior, y D. Sato, 2012, p.2).

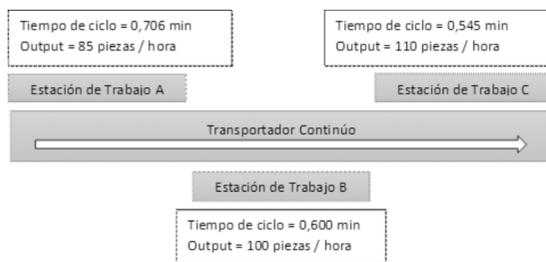


Figura 8. Diseño básico de la línea esquemática – Balance inicial. Elaborado por: Huang, Pei, Wu, & May, 2013, p.5

## 4. METODOLOGÍA

En este estudio se empleó una metodología de corte descriptivo, con investigación física (evidencia en zona operativa). Se emplearon métodos como la observación, comparación y análisis, tanto cualitativos como cuantitativos (tiempos y procesos medibles estadísticamente).

Se analizaron en primera instancia las empresas relacionadas con el grupo industrial seleccionado. En segunda instancia, se hizo énfasis en el centro del trabajo con la empresa industrial analizada, para la que se propone implantar la Logística de Distribución en Línea.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Identificando la estrategia

La estrategia diseñada está relacionada con la implementación de distribución en línea directamente en los siguientes productos:

- Bebidas gaseosas
- Café
- Chocolate
- Azúcar
- Refrigerados

Los productos de snacks, chocolatinas y demás, ya cuentan con distribución en línea.

### 5.2 Preámbulo de la estrategia

Análisis de procesos de: *picking*, *packing* y *vending* de la empresa industrial analizada. Cambio estratégico de: tiempos, costos fijos y variables, gastos generales y automatización del proceso.

#### 5.2.1 Proceso mejorado

**Picking - Recolección:** proceso en el cual se analiza el pedido realizado, y a continuación se procede a agrupar los productos designados.

**Packing - Empaque:** procedimiento en el que se realiza el embalaje del pedido realizado, todos tienen una forma de empaque diferente.

**Vending - Venta:** se procede al transporte por medio de rutereros (personal que ingresa o deposita el pedido en las máquinas dispensadoras).

### 5.3 Conclusión de la estrategia

Un proceso mejorado, estandarizado y con una distribución en línea traerá disminución en costos, ampliación de la capacidad instalada de la organización y extensión del mercado.

### 5.4 Propuesta del plan

Se aspira a llegar a un nivel óptimo de logística y distribución en general, para generar mayores utilidades para la compañía, reconocimiento en el grupo y posicionamiento en el mercado. Así mismo se desea manejar un cumplimiento idóneo en cada uno de los pedidos y tareas encomendadas. De igual forma se busca:

- Afianzar los mercados existentes
- Mejorar la capacidad instalada
- Implantar el justo a tiempo
- Aspirar a nuevos mercados

### 5.5. Objetivos y Metas

Con este proyecto se pretende alcanzar la mayoría de los logros propuestos, adicionalmente evaluar el impacto interno que generará el cambio que desde lo teórico se plantea como positivo y benéfico para la empresa.

#### 5.5.1 Objetivos

- Afianzar el nuevo modelo en todo el ambiente laboral interno.
- Evaluar cuantitativamente las mejoras que genera este cambio estratégico.
- Ofrecer una capacitación idónea, para tener un proceso acorde.

#### 5.5.2 Metas

- Buscar nuevos clientes y entrada en mercados más grandes.
- Darse a conocer al grupo como una empresa innovadora y de mejora continua.
- Inyectar mayor capacidad instalada y generar un respiro-ahorro en la distribución.
- Estandarizar los procesos y procedimientos.

## 7. CONCLUSIONES

La Distribución en Línea es una estrategia implementada principalmente en empresas automotrices, este proceso favorece indicadores en ítems como dinero, tiempo, calidad, producción, agilidad, eficiencia, eficacia, efectividad.

Se puede afirmar, que siempre habrá cabida para realizar mejoras, aplicar innovación, postular ideas y poner en marcha microproyectos que a futuro benefician enormemente a la empresa en indicadores cuantitativos y cualitativos. Es trascendental tener presente siempre la mejora continua, ya que esta generará una cultura positiva hacia el cambio de actitud, disposición y propiedad, con la cual se da a conocer al mercado en general la preocupación por tener altos estándares en servicio y producto.

Inicialmente deben ser analizados varios aspectos operativos de la empresa en la cual se desea implementar el sistema de distribución en línea, ya que éste se debe modificar en cuanto a los requerimientos solicitados y al monto de productos a los cuales soportara en su despacho. Ya que factores como: cantidad (unidades - paquetes), peso (gramaje - kilo), volumen (estándar), y demás son vitales en la preinstalación.

Dentro de un proyecto innovador se espera un avance permanente del mismo, para así generar mayor conocimiento y aplicación en distintos entornos en los cuales se aplique o analice. Por esto el interés en indagar sobre la Distribución en Línea la cual es primordial para las empresas, y aportar escenarios para el análisis, evaluación, comparación, además de los ahorros que se percibirían. Así mismo, se busca expandir más el conocimiento sobre el tema para motivar investigaciones futuras sobre la importancia que tiene en los departamentos de las empresas ya sea operativo, productivo, logístico, estratégico o calidad.

## REFERENCIAS

- Aqlan, F., Lam, S. S., y Ramakrishnan, S. (2014). An integrated simulation-optimization study for consolidating production lines in a configure-to-order production environment. *International Journal of Production Economics*. 148, 51–61. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.11.006>
- Restrepo, J. H., Cruz, E. A., Saracho, C. (2006). Una heurística de balanceo de línea de producción aplicada a una malla curricular. *Scientia et Technica*. 1 (30), 267-272.
- Demir, L., Tunali, S., Eliiyi, D. T., y Løkketangen, A. (2013). Two approaches for solving the buffer allocation problem in unreliable production lines. *Computers and Operations Research*, 40(10), 2556–2563. <http://doi.org/10.1016/j.cor.2013.02.004>

- Garn, W., y Aitken, J. (2015). Agile factorial production for a single manufacturing line with multiple products. *European Journal of Operational Research*. 245 (3), 754–766. doi:10.1016/j.ejor.2015.03.042
- Gilenson, M., Hassoun, M., y Yedidsion, L. (2014). Setting defect charts control limits to balance cycle time and yield for a tandem production line. *Computers and Operations Research*, 53, 301–308. doi:10.1016/j.cor.2014.05.011
- Hillier, F.S. y Lieberman G.J. (2001) *Introduction to Operations Research*. Estados Unidos: McGraw-Hill Higher Education.
- Huang, H. H., Pei, W., Wu, H. H., y May, M. Der. (2013). A research on problems of mixed-line production and the re-scheduling. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 29(3), 64–72. doi:10.1016/j.rcim.2012.04.014
- Janeková, J., Kováč, J., y Onofrejová, D. (2014). Modelling of Productions Lines Selection for Mass Production of Sanitary Products. *Procedia Engineering*. 96, 190–194. doi:10.1016/j.proeng.2014.12.142
- Jarrahi, F., y Abdul-Kader, W. (2014). Performance evaluation of a multi-product production line: An approximation method. *Applied Mathematical Modelling*. 39 (13) 3619–3636. doi:10.1016/j.apm.2014.11.059
- Kim, W., y Morrison, J. R. (2014). The throughput rate of serial production lines with deterministic process times and random setups: Markovian models and applications to semiconductor manufacturing. *Computers & Operations Research*. 53, 288–300. doi:10.1016/j.cor.2014.03.022
- Miah, J. H., Griffiths, a., McNeill, R., Poonaji, I., Martin, R., Yang, a., y Morse, S. (2014). Heat integration in processes with diverse production lines: A comprehensive framework and an application in food industry. *Applied Energy*. 132,452–464. doi:10.1016/j.apenergy.2014.07.027
- Pérez, J. y Parra, C. (2010). Mejoramiento de una línea de ensamble de asientos delanteros autopartistas usando simulación dinámica de sistemas. *Revista Técnica de Ingeniería. Universidad de Zulia*. 33(1), 11-20.
- Rakiman, U. S. Bin, y Bon, A. T. (2013). Production line: Effect of different inspection station allocation. *Procedia Engineering*. 53, 509–515. doi:10.1016/j.proeng.2013.02.066
- Rudolf, G., Noyan, N., y Giard, V. (2014). Modeling sequence scrambling and related phenomena in mixed-model production lines. *European Journal of Operational Research*. 237, 177–195. doi:10.1016/j.ejor.2014.02.041
- Vanalle, R. M., Lucato, W. C., Vieira Júnior, M., y D. Sato, I. (2012). Uso de la Simulación Monte Carlo para la Toma de Decisiones en una Línea de Montaje de una Fábrica. *Información Tecnológica. Inf. tecnol.* 23(4), 33–44. doi:10.4067/S0718-07642012000400005
- Vázquez, M., y Ruíz, M. (2012). Elementos que Afectan el Nivel de Inventario en Proceso (WIP) y los Costos de una Línea de Producción. *Conciencia Tecnológica*. 43,36–41.