

EL INGENIERO INDUSTRIAL IMPACTANDO EL MEDIO AMBIENTE

Ángela Patricia Anaya y Mario Fernando Acosta
Universidad de San Buenaventura, Cali (Colombia)

Resumen

La evolución va directamente relacionada con los cambios adaptativos de las personas al medio ambiente. Desde el punto de vista tecnológico, se ha dado con el fin de explotar recursos eficientemente para conseguir materia prima en menor tiempo, esto ha guiado a una evolución negativa del medio ambiente, generando la necesidad de conservarlo. Los ingenieros industriales son los articuladores de la sociedad y la empresa, porque son los encargados de optimizar los recursos para producir más bienes y servicios que serán socializados a la comunidad. Han sido quienes han tenido más contacto con prácticas encaminadas a la reducción de desperdicios, buscando el flujo perfecto de bienes y servicios y la reducción de costos; sin embargo logran impactar de manera positiva el ambiente debido a la reducción del consumo de recursos. Este artículo expone el manejo de la cadena de suministros como un medio para impactar positivamente el ambiente mientras se guía a las organizaciones hacia una cultura de cero desperdicios.

Palabras clave: Manufactura esbelta, cadena de suministros, desperdicio

Abstract

The evolution is directly related to adaptive changes of people according to the environment. Technologically it has been given in order to exploit resources efficiently to obtain raw material in less time, which has led to a negative evolution in the environment, creating a need to preserve it. Industrial engineers are the articulators of society-enterprise because they are responsible for optimizing resources to produce more products and services to be socialized into the community. They have been who have had more contact with practices aimed to reduce waste, seeking the perfect flow of goods and services and reducing costs, but this also impacts in a positive way the environment due to reduced consumption of resources. This article discusses the management of the supply chain as a path to positively impact the environment while guiding organizations to a culture of zero waste.

Keywords: Lean manufacturing, supply chain, waste

Introducción

El ser humano es un agente en constante cambio. La palabra evolución suele entenderse como un adelanto positivo, sin embargo, ésta va directamente relacionada con los cambios adaptativos de las personas al medio ambiente (estando estos directamente relacionados a la interacción del hombre con el mismo). Darwin (1859) hizo referencia a la evolución como un cambio en las especies resultado de una necesidad nueva, explica que en la lucha por la supervivencia se eliminan las variaciones desfavorables permitiendo entonces que sobrevivan los más aptos. Igualmente explicó cómo varían las especies en diferentes aspectos de acuerdo con el entorno donde se desarrollan, además de los aspectos relacionados a la naturaleza del organismo. Darwin afirmó también, que cambios ligeros como el color de la piel o el tamaño de las personas se relacionan con sus cambios alimenticios. Esto lleva a pensar que los seres humanos sufren cambios no solo por su naturaleza orgánica sino por las condiciones ambientales en las que se desarrollan.

Sagan (1997) afirma que desde la época en que el ser humano dominó el fuego y comenzó a fabricar herramientas, quedó claro que pueden usar sus destrezas tanto para el bien como para el mal. Sin embargo, apenas en épocas recientes la humanidad se está dando cuenta que incluso la utilización benigna de la inteligencia y las herramientas puede poner en peligro la especie, ya que (Sagan, 1997), los humanos no son lo bastante listos para prever las repercusiones. Hoy en día los humanos ocupan toda la tierra, se han dedicado a someter otras especies para su propio beneficio, a erosionar bosques y hacer uso de todos los recursos con la finalidad de satisfacer su consumismo. La tecnología se ha ido creando bajo esta misma perspectiva, hacer más eficiente la explotación de los recursos para lograr conseguir materia prima a menor tiempo, lo que concluye en un incremento en la producción de bienes y servicios que suplen necesidades generalmente inducidas por las mismas empresas más que realidades del ser humano.

El problema que se vive hoy en día con la desorientación y desaparición inexplicable de las abejas es tan solo un ejemplo de la destrucción ambiental que los seres humanos han venido causando. La BBC (2001) publicó una noticia refiriéndose a la desaparición de las abejas “Bumblebee” y la preocupación que en ese

momento se expone, sugiriendo que en unos años se podía llegar a la extinción de las mismas. Nuevamente para el año 2009, la BBC (2009) publicó una noticia afirmando que hasta ahora la situación con las abejas no había sido una prioridad, se expone que la población de abejas en el Reino Unido se ha disminuido entre un 10 y 15 % y se propagan temores por toda Europa acerca de la disminución de las abejas repercutiendo en la producción de las plantas. Estos insectos son importantes polinizadores de plantas, si las mismas se extinguen se corre el riesgo de que cultivos de semillas de aceite, fresas y manzanas, entre otros, se extingan.

Debido a la disminución del número de abejas, los procesos de polinización se están haciendo por el ser humano de manera manual, lo cual disminuye el crecimiento de las plantas por lo tedioso del procedimiento. Un documento publicado por la North American Plant Protection Organization (2008), señala que casi las tres cuartas partes de las plantas en floración del mundo dependen de los polinizadores, estos son vitales para la agricultura debido a que los mismos polinizan la mayoría de las frutas, los vegetales, el forraje, heno y cultivos de semillas así como otros cultivos. En el documento se advierte también que, a finales de los noventa, los taxónomos de Norteamérica notaron un descenso en la distribución y abundancia de ciertas especies de abejas en ese mismo país. Se atribuyen los descensos a plagas que se han contraído en las prácticas de importación y exportación de abejas. Esto indica que las compañías en busca de mejorar sus niveles de producción de alimentos, han estado involucrando abejas importadas de criaderos de otros países; lo que no se tuvo en cuenta fue que, como señaló Darwin, las especies cambian de acuerdo con los hábitats donde se encuentran, de manera que las abejas importadas, no nativas de una región, han presentado cambios en su comportamiento y, por ende, han afectado el desarrollo natural de las plantas y demás animales. Adicional a esto, los plaguicidas, los cambios de clima por el calentamiento global, la deforestación y todos los problemas ambientales que aquejan el mundo, han llevado a la desaparición de las abejas. Este ejemplo confirma que el hombre avanza tecnológicamente buscando mayor productividad, sin embargo, su mente no alcanza a medir las consecuencias de sus actos; lo que hace que actualmente se tengan que enfrentar problemas ambientales a los que no se les prestó atención sino hasta que se vio afectada la producción de capital.

Murray y Dey (2008) exponen una investigación a cerca de empresas que se dedican al negocio de carbono neutral. Esta práctica se basa en remover del ambiente la misma cantidad de dióxido de carbono que es agregada por las organizaciones. Bajo esta perspectiva existen empresas ofreciendo los servicios de ayudar a las organizaciones a reducir sus emisiones de gases, sin embargo, cada una de ellas tiene un mecanismo bajo el cual evalúan la cantidad de dióxido de carbono que se emite al ambiente por la organización y, bajo esta medida, deciden entonces tomar acciones para reducir las emisiones. La investigación realizada por los autores tomó en consideración once sitios en la web donde se ofrece la práctica de carbono neutral. Se encontró que no existe un estándar que defina cómo medir la cantidad de dióxido de carbono que se libera de acuerdo con la actividad y, en cambio, los cálculos varían de acuerdo al sitio web visitado. Esto expone que incluso la obligación de conservar el ambiente resulta ser un negocio y que aun no se ha dado la importancia que debe requerir el tema en cuestión.

Lo anteriormente descrito es una breve muestra del daño causado por el ser humano y la antesala de una nueva necesidad a la que se debe dar solución de forma inmediata. Así mismo como el humano sufre sus necesidades de capital y poderío, debe atender sus necesidades de subsistencia poniendo fin al ataque ambiental. Profesiones como la ingeniería buscan la creación, el ingenio de nuevos productos, sin embargo se han encaminado más hacia el desarrollo tecnológico de procesos, bienes y servicios que tengan una retribución monetaria. De éstas, los ingenieros industriales son los agentes articuladores de sociedad-empresa, ya que son los encargados de velar por la optimización de recursos para generar mayor producción de bienes y servicios que deben ser socializados a la comunidad por él mismo. Los ingenieros industriales han sido quienes han tenido más contacto con prácticas como justo a tiempo, kanban, manufactura esbelta, seis sigma, Kaizen y todas aquellas que buscan la optimización de recursos y el flujo perfecto de bienes y servicios para generar valor agregado al cliente disminuyendo los tiempos de entrega, y, de igual manera, un valor agregado a las compañías aumentando la capacidad de producción a menores costos.

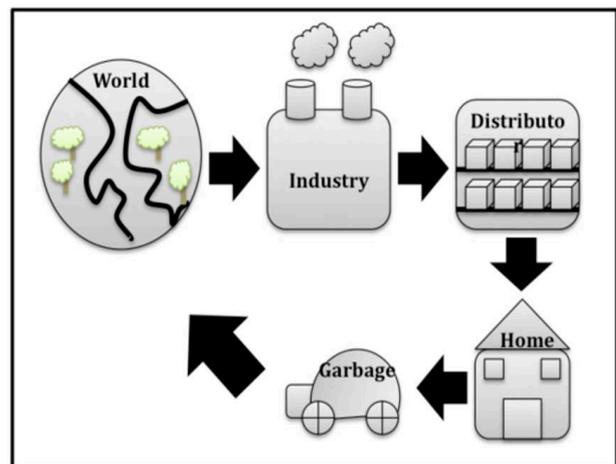
Este documento expone algunas prácticas que llevan a la reducción de desperdicios con el fin de exponer

su uso a manera de impacto positivo a nivel social y ambiental. Es hora de que las profesiones comiencen a utilizarse en beneficio del planeta sin hacer discriminación de las mismas, ya que como se explica en este artículo, los ingenieros industriales forman parte activa e importante de la conservación ambiental.

Trasfondo (*background*)

La figura 1 muestra el esquema general del orden de la cadena de consumo a nivel mundial. Todos los recursos usados para la generación de bienes y servicios nacen del planeta. Las encargadas de transformar la materia prima en productos son las empresas, quienes convierten los materiales en medios para satisfacer las necesidades cambiantes del ser humano. A su vez estas empresas venden a otras como los distribuidores, o simplemente llegan al consumidor final dependiendo de su estrategia de ventas. Existen dos tipos de canales de distribución: directos (de empresa a consumidor final) e indirectos (de empresa a distribuidores y de estos al consumidor final). Entre más canales de distribución existan mayor es el consumo de recursos, ya que el solo traslado de los productos de un canal a otro representa gastos de combustible, vehículos, asfalto, seguros, entre otros. Los productos pasan de los distribuidores a los consumidores finales; sin embargo allí no termina el ciclo, estos productos son generadores de residuos que pasan a empresas recolectoras de los mismos para luego depositarlos (en la mayoría de los casos) de nuevo en el planeta.

Figura 1. Orden de la cadena de consumo



Allí cabe entonces aclarar que los recursos son limitados, según la UNEP (2007) en los últimos 20 años la población mundial ha incrementado en una tercera parte. De igual manera, la cantidad de hectáreas de tierra disponibles por persona ha disminuido de 7.91 en 1950 a 2.02 en el 2005 y se espera que para el 2050 disminuyan a 1.63 hectáreas por persona. Esto lleva a concluir que la cantidad de recursos disponibles es menor a la cantidad demandada lo cual hace necesario generar prácticas de ahorro.

Evolución de los sistemas de producción

Los avances en materia industrial se han dado a través de los años siempre con miras a optimizar recursos, reducir costos y producir más. Shah y Ward (2007) proveen un marco de la evolución de las prácticas de manufactura desde 1927 hasta el 2006, donde consideran la filosofía de producción de Henry Ford como el primer impacto crucial en la evolución de los sistemas de producción hasta lo que se conoce hoy como “Lean Manufacturing” o Manufactura Esbelta. El FPS (Sistema de producción Ford) basó su filosofía en la producción en masa: producir en cantidad, vender en cantidad y almacenar en cantidad, de manera que la misma oferta creaba la demanda. Ford consiguió incrementos significativos en su tasa de producción creando líneas de ensamble, bajo ésta metodología logró reducir costos y producir a grande escala. Según los autores para 1937 Toyota estudio y perfecciono el sistema de producción de Ford y constituyó lo que se conoce como sistema de producción Toyota. Según Sugimori *et al.* (1977) lo que impulsó a Toyota a hacer cambios al sistema de Ford fue la diferencia entre las culturas y sistemas de vida de Japón y Estados Unidos. Japón (donde se constituyó Toyota) es un país con escasos recursos naturales que no se puede dar el lujo de desperdiciar lo que tiene o importa. Toyota comprende entonces que debe producir productos de alta calidad a bajo costo y es allí donde se plantea la reducción de costos mediante la reducción de desperdicios. Sugimori *et al.* (1977) expone que Toyota implementa entonces la filosofía justo a tiempo para eliminar desperdicios y acortar los tiempos de producción; los cambios hechos por la empresa corresponden a:

a. En lugar de que el proceso predecesor supliera al proceso subsiguiente, se opta por que el proceso subsiguiente pida lo necesario a su predecesor.

- b. Los procesos solo pueden producir y hacer fluir una pieza a la vez de manera que se logra eliminar el inventario en proceso (quien finalmente tiende a esconder problemas en el proceso como operarios ociosos, desbalance de los procesos, capacidad excesiva de equipos, mantenimiento preventivo insuficiente, entre otros).
- c. Se debe nivelar la producción en la línea de ensamble principal o la que hace los requerimientos para el sistema productivo.

Para la aplicación de los puntos expuestos anteriormente se implementa un sistema de control de la producción que consiste en unas tarjetas denominadas kanban. Estas son quienes comunican las líneas o estaciones de trabajo para hacer los requerimientos de materiales y quienes finalmente activan la producción. Se logra entonces mediante Kanban la eliminación de los inventarios en proceso.

Adicional a lo mencionado Toyota opta por utilizar las capacidades de sus trabajadores al máximo. Para esto expone entonces la necesidad de reducir los movimientos innecesarios de las personas, velar por la seguridad de las mismas y atribuirles responsabilidades que haga que ellos mismos exploten sus capacidades para cumplir con lo demandado.

A raíz del sistema creado por Toyota, el mundo entero ha evolucionado a la adaptación del mismo. Hoy en día este sistema se conoce como “Lean Manufacturing” y está siendo estudiado e implementado en las empresas debido a los beneficios que genera el reducir los desperdicios. Según Hicks (2007) “Lean” tiene como fundamentos el identificar las actividades de valor, entender el flujo de productos, servicios e información a través de la cadena de valor y entre los eslabones de la cadena de suministros, y, por último, la caracterización del desperdicio en las actividades de la empresa.

Los autores expresan que en las áreas de producción y manufactura los desperdicios son fácilmente identificables, mientras que en el caso de información, el desperdicio es menos visible. La información es la que permite medir el desarrollo de las actividades para comparar con los estándares esperados o las metas fijadas y luego entonces entender si el funcionamiento del área, proceso o industria es el adecuado. El buen manejo de la información permite

entonces la reducción de desperdicios físicos, ya que por ejemplo, un buen manejo de datos históricos de demanda, permite un pronóstico más acertado de la misma, reduciendo la inexactitud en inventarios. Sin embargo, todo esto se ha hecho teniendo como fundamento la necesidad de incrementar las ganancias y establecer una competitividad en el mercado, lo que no se ha evaluado es el impacto ambiental que genera la reducción de desperdicios.

Ingeniería industrial impactando el medio ambiente

Según el Council of Supply Chain Management (2009) el manejo de la cadena de suministros está relacionado con la planeación y manejo de todas las actividades involucradas en los procesos de abastecimiento, adquisición, conversión y logística de una empresa. Esto entonces concluye en la gestión que debe hacerse dentro y entre empresas para asegurar el flujo entre la oferta y la demanda.

El buen manejo de la cadena de suministros lleva a integrar operaciones fluidas de distribución y producción. Sánchez (2009) define estas operaciones como la coordinación de las actividades de suministro, producción y distribución dentro de un oleoducto integrado. Se plantea la idea de analizar la interacción de cada una de estas actividades y determinar su desempeño en términos de coste de procesar y mover materiales desde la fuente de producción hasta el consumo, el servicio prestado en función del tiempo y comportamiento de inventarios y, por último, la velocidad con que se mueven los productos de acuerdo a los niveles de inventario, teniendo en cuenta además la flexibilidad del oleoducto para responder a cambios en la demanda.

Los ingenieros industriales, en especial, están llamados a la realización de gestiones que soporten el manejo adecuado de la cadena de suministros. A través de ella se dan todos los procesos que involucran empresas, proveedores, distribuidores y clientes, y el manejo de la misma conlleva a lograr reducción de desperdicios de todo tipo con la finalidad de generar un valor agregado a quienes la componen. De esta manera, el manejo de la cadena de suministros puede ser un medio para impactar positivamente el ambiente mientras se guía las organizaciones hacia una cultura

de cero desperdicios con enormes beneficios en el ahorro de recursos.

Womack y Jones (1996) definen siete tipos de desperdicios que se observan en los sistemas de manufactura: Sobre producción de productos que terminan en inventarios extensos, esperas que incurren en pérdidas de tiempo por estancamiento en procesos subsecuentes o falta de materiales de producción, exceso de transporte, procesamientos extras como los reprocesos o almacenamientos, exceso de inventarios, exceso de movimientos por parte de los operarios y productos defectuosos. Todos ellos son desperdicios generados por mala coordinación en la cadena de valor de la empresa y entre los eslabones de la cadena de suministros, cadenas que están directamente relacionadas con la práctica de la ingeniería industrial. Los siguientes numerales muestran las reducciones que se pueden lograr a través de las fuentes de desperdicio identificadas por los autores anteriormente mencionados.

Reducción de devoluciones de materias primas y acortamiento de tiempos de entrega

Ejercer control total sobre los proveedores de materias primas resulta casi imposible; sin embargo, es necesario que los mismos sean tenidos en cuenta en los procesos de las organizaciones porque de la entrega y calidad de sus productos depende la producción de la organización. Por lo anterior se ha hecho necesario integrar los proveedores como parte activa de la empresa. Laseter (1998) hace hincapié en la necesidad de tener buenas relaciones con los proveedores para obtener el máximo valor de ellos y afirma que la mejor relación es aquella basada en la transformación de la confianza en acción, teniendo en cuenta: la dependencia mutua que conlleva al éxito de ambas organizaciones, coincidir en metas para generar esfuerzos conjuntos por alcanzar un mismo objetivo y, por último, el conocimiento de la competencia. Esto con miras a acortar tiempos de entrega y lograr exactitud en las materias primas para evitar entonces procesos de inspección dispendiosos y por ende la devolución de material. Trent (2007) expresa que existe una gran diferencia entre la función de comprar y la función de suministros. El autor menciona que en muchas ocasiones las empresas fallan al considerar las compras como una labor de comprar bienes o servicios necesarios

para el funcionamiento de la empresa, sin embargo las compras están relacionadas con las actividades de negociación, contratación, investigación y adquisición, las cuales dan soporte a las compañías y se les debe prestar la importancia que requieren. En contraste, el autor define la función de compras como la función de suministros, siendo ésta un proceso proactivo en el que se obtienen bienes y servicios mediante el manejo e integración de los proveedores. De esta manera, la función de suministros debe identificar los requerimientos totales de la empresa, para entonces proceder a evaluar y seleccionar proveedores, que luego son integrados a la empresa como parte activa de la misma, planteando metas futuras en conjunto donde se exprese la relación gana-gana para ambas compañías.

Reducción de tiempos de procesamiento y reprocesos

La Organización Internacional del Trabajo, (OIT, 1996) considera que el estudio del trabajo es el método más exacto para establecer normas de rendimiento, de las que luego dependerán el control y la planificación eficaces de la producción. De igual manera, considera que es uno de los instrumentos de investigación más penetrantes del que dispone la dirección. Para la elaboración de este estudio es necesario realizar:

- **Estudio de métodos:** Según la OIT el estudio de métodos es el registro y examen crítico sistemático de los modos de realizar las operaciones con el fin de efectuar mejoras. Entonces este estudio primero se enfoca en diagnosticar la forma como se realizan los procesos, teniendo en cuenta la manera como las personas realizan sus movimientos sea que los mismos incluyan máquinas, herramientas o sean hechos sin las mismas; esto para evaluar si existen posibilidades de mejora, acortando movimientos innecesarios que se traduzcan en reducciones de tiempo de procesamiento, además de exponer condiciones irregulares que puedan estar generando reprocesos por malas metodologías a la hora de elaborar un producto o prestar un servicio. Igualmente el estudio de métodos permite encontrar condiciones físicas y ergonómicas que eviten fatigas en los operadores y generen mayor productividad por parte de los mismos.
- **Estudio de tiempos:** La OIT define la medición del trabajo como la técnica que permite determinar

el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea. Mediante este estudio se logra establecer un estándar de tiempo para la elaboración de una tarea, permitiendo que se tengan datos para el cálculo de la productividad y que se descubran desperdicios de tiempo.

Reducción de productos en proceso e inventarios

El impulso necesario para comenzar las operaciones de producción es dado por la demanda de productos o servicios, por tanto, el pronóstico o manejo de la demanda es quien impacta y genera consecuencias en todos los niveles de la cadena de suministros. Fildes *et al.* (2009) evaluaron cuatro compañías de diferentes ambientes productivos con el fin de identificar posibles causas a los errores en los pronósticos de demanda. Los autores señalan que para mejorar los pronósticos es necesario:

- Realizar entrenamientos al personal encargado de los pronósticos para que el mismo tenga conocimiento de aspectos estadísticos como las medidas de error y las diferentes metodologías existentes para la elaboración de pronósticos.
- Actualizar los sistemas usados para pronosticar la demanda, y entender el impacto que genera el juicio de los encargados del pronóstico. Esto se refiere a casos como la determinación de los parámetros que se usan para pronósticos con suavizado exponencial, los mismos están sujetos de alguna manera al juicio del trabajador el cual influye en el procedimiento. Adicional a esto, es necesario que se lleven registros sobre los parámetros de entrada usados cada vez que se realiza un pronóstico y las medidas de error estadístico arrojadas por el programa que permita hacer comparaciones periodo a periodo de lo realizado, esto permitirá efectuar mejoras derivadas del aprendizaje de la experiencia.
- Compilar la información derivada de la inteligencia de mercados como la estacionalidad. Entonces se hace necesario que las compañías sepan que sucede con la demanda cuando hay promociones, cambios en los precios, en el clima y en el inventario; esto permitirá seleccionar de mejor manera los parámetros que impulsan el pronóstico de demanda. Sin embargo para lograr que esta información esté disponible se hace completamente necesaria la comunicación entre

las áreas de la empresa y los eslabones de la cadena de suministros, demostrando nuevamente que las empresas no pueden trabajar como entes independientes.

Según Arnold *et al.* (2008) los inventarios representan entre el 20 y 60% de los activos de una empresa. De esta manera los inventarios son dinero que la compañía tiene y que se va devaluando en la medida en que está guardado en una bodega, es decir, se podría hacer la comparación entre tener el inventario o tener el dinero que cuesta ese inventario invertido en un certificado a termino fijo en un banco que, finalmente, estaría generando algún tipo de interés. Por razones como esta, no es conveniente tener grandes cantidades de inventario porque en algún punto se estarían generando más costos que beneficios. El pronóstico acertado de la demanda genera reducción de inventarios que se traduce en reducción de costos correspondientes a seguros, equipos, personal, espacio, obsolescencia y todos aquellos en los que se incurre al manejar materiales, incluyendo los costos de tener el dinero estancado cuando la rotación de inventarios no es la mejor.

Reducción de productos defectuosos e implementación de sistemas de calidad

Prajogo y Sohal (2006) realizaron un estudio sobre la relación que puede existir entre TQM (gestión de calidad total), las estrategias organizacionales y el desempeño de la compañía. Los autores afirman que la adopción de TQM en las compañías es impulsada por el establecimiento de estrategias de diferenciación para incrementar la competitividad de las empresas. Adicional a esto, los autores expresan que tanto la innovación como la adopción de prácticas de calidad son tácticas que conllevan a la consecución de diferenciación. Esto confirma que las empresas pueden pensar en adoptar sistemas de gestión orientados a la calidad con el fin de incrementar su participación en el mercado, de igual manera, al implementar este tipo de sistemas se logra reducciones en todo tipo de desperdicios como lo son los productos defectuosos, la pérdida de tiempo por estancamiento en procesos, los reprocesos, entre otros. Martínez *et al.* (2009) muestran que las compañías certificadas en ISO 9001/2000 tienden a tener mejores prácticas en aspectos relacionados con TQM como el manejo de proveedores, de diseños, de procesos y liderazgo que

aquellos certificados en ISO 9000/1994. Esto se atribuye a que la norma del 2000 tiene en consideración prácticas relacionadas al gestionamiento de calidad total, por tanto la certificación ISO 9001/2000 es un buen comienzo para la aproximación a TQM.

Un estudio realizado por la FDA (Food and Drug Administration) en el año 2004, muestra que las devoluciones de productos alimenticios por parte del mercado se atribuyen en un 88% a fallas en el sistema de buenas prácticas de manufactura (BPM), ligado al manejo de la calidad en las empresas. De estas fallas el 32% se atribuyen a la falta de capacitación del recurso humano y el 68 restante a fallas en el empaque o etiquetado de los productos. Con lo descrito anteriormente se expone la necesidad de implementar sistemas de gestión de calidad para reducir el número de productos defectuosos y por ende, los desperdicios que se causan al tratar de remediar los daños.

Reducción de tiempos muertos

Los tiempos muertos son causados por múltiples variables; se puede pensar en procesos subsecuentes estancados por fallas en sus predecesores, falta de materias primas, de mano de obra, de herramientas, trabajadores lentos, entre otros. Una causa común a la que hasta hace poco no se prestaba mucha atención se refiere al mantenimiento de maquinarias y equipos. Las empresas generalmente trabajan mantenimientos correctivos cuando sucede un estancamiento por fallas en un equipo. Yao *et al.* (2005) expresan que existe una extensa investigación sobre el control de la producción en ambientes con tendencia a fallos, mientras que la investigación con respecto a modelos que consideran el mantenimiento preventivo es escasa. Más aun, los modelamientos para tiempo entre fallos se han hecho generalmente bajo la distribución exponencial quien considera una tasa de fallos constante, lo que excluye la opción de mantenimiento preventivo. Los autores exponen que cuando exista un número alto de órdenes por procesar, se puede tomar la opción de hacer mantenimiento preventivo para asegurar el funcionamiento de la línea o producir al máximo, siendo ambas opciones óptimas; igualmente cuando se tiene altos inventarios se puede hacer mantenimiento preventivo o dejar de producir. Lo importante es tener en cuenta los mantenimientos preventivos como soluciones a tiempos muertos en las líneas de producción.

Chakraborty *et al.* (2008) argumenta que entre más pequeño es el tamaño de lote a producir, más baja es la probabilidad de que ocurran defectuosos y que se den fallos en las máquinas, esto hace que en consecuencia se reduzcan los costos provocados por la necesidad de reparar los daños causados por productos defectuosos, máquinas paradas y reparaciones correctivas. Adicional a esto, los autores demuestran que la adopción de mantenimientos preventivos reduce los costos del sistema.

Lo mencionado a través de los numerales 3.1 a 3.5 demuestra que el Ingeniero Industrial tiene herramientas para incrementar la productividad basándose en reducción de desperdicios y que esto genera un desencadenamiento positivo a nivel ambiental en cuestión de ahorro de recursos, lo crucial es comenzar a generar una cultura donde los ahorros se miren desde ambas perspectivas (productividad y medio ambiente).

Conclusión

Este artículo expuso la interacción entre el ingeniero industrial y el manejo de la cadena de suministros reconociendo siete tipos de desperdicios y diferentes procedimientos utilizados para la reducción de los mismos. Bajo todas las formas de reducción de desperdicios se impacta positivamente el ambiente aunque las compañías no enfoquen sus esfuerzos de reducción al cuidado del planeta. Con lo anterior, se deja una inquietud hacia la enseñanza de la ingeniería como un medio para preservar el ambiente, no es necesario esperar hasta tener recursos escasos para empezar a realizar cambios que conlleven a los ahorros de recursos en las compañías. Se puede impactar positivamente el ambiente mientras se guía a las organizaciones hacia una cultura de cero desperdicios con enormes beneficios en el ahorro de recursos. Es hora de que las profesiones comiencen a utilizarse en beneficio del planeta.

Referencias

- Darwin, C. (1859). El origen de las especies por medio de la selección natural. Editorial John Murray, Londres, pp. 3-21
- Sagan, C. (1997) Billions and Billions: Thoughts on life and death at the brink of the millennium. Editorial Random House, Estados Unidos, pp. 76
- BBC de Londres. (2001). Bumblebees could face extinction. Consultado el 15 de agosto de 2009 en <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/1314012.stm>
- North American Plant Protection Organization (2008). Normas regionales de la NAPPO sobre medidas fitosanitarias (NRMF número 29). Consultado el 15 de agosto de 2009 en http://www.nappon.org/Standards/NEW/2008/RSPMNo29-s_20081110.pdf
- BBC de Londres. (2009). Dying bees were not a priority. Consultado el 15 de agosto de 2009 en http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/politics/7951009.stm
- United Nations Environment Programme (2007). Global environment outlook 4. PNUMA. Consultado el 20 de agosto de 2009 en <http://www.unep.org/geo/geo4/media/>
- Shah, R., Ward, P. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of operations management*, pp. 785-805
- Sugimori, Y; Kusunoki, K; Cho, F; Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system materialization of just in time and respect for human system. *International journal of production research*, pp. 554-564
- Murray, J., Dey, C. (2008). The carbon neutral free for all. *International journal of greenhouse gas control*, pp. 237-248
- Council of Supply Chain Management. (2009). Supply chain Management Definitions. Consultado el 3 de agosto de 2009 en <http://cscmp.org/aboutcscmp/definitions.asp>
- Sánchez, G. (2008). Cuantificación de valor en la cadena de suministro extendida. Del blanco editores, León, pp 17-18.
- Womack, J., Jones, D. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon and Schuster, Australia, pp. 15-37
- Laseter, T. (1998). *Balanced Sourcing: Cooperation and Competition in Supplier Relationships*. Jossey-Bass Inc Publishers, California, pp. 89
- Hicks, Ben. (2007). *Lean information management: Understanding and eliminating waste*. *International journal of information management*, pp. 233-249

- Trent, R. (2007). *Strategic Supply Management: Creating the Next Source of Competitive Advantage*. J. Ross Publishing, Fort Lauderdale, pp. 4-10
- Organización Internacional del Trabajo, OIT (1996). *Introducción al Estudio del Trabajo*. Oficina Internacional del Trabajo, Ginebra, pp. 17-19
- Fildes, R., Goodwin, P., Lawrence, M., Konstantinos, N. (2009). Effective forecasting and judgmental adjustments: an empirical evaluation and strategies for improvement in supply-chain management. *International journal of forecasting*, pp. 3-23
- Arnold, T., Chapman, S., Clive, L. (2008). *Introduction to materials management*. Pearson Prentice Hall, Inglaterra, pp. 50-78
- Prajogo, D., Amrik, S. (2006). The relationship between organization strategy, total quality management (TQM) and organization performance-the mediating role of TQM. *European Journal of Operational Research*, pp. 35-50
- Martínez, M., Choi, T., Martínez, J., Martínez, A. (2009). ISO 9000/1994, ISO 9001/2000 and TQM: the performance debate revisited. *Journal of Operations Management*, pp. 1-14
- FDA Study, Erickson Research Group. (2004). Good manufacturing practices (GMPs) for the 21st century-Food processing. Consultado el 10 de agosto de 2009 en <http://www.fda.gov/Food/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/CurrentGoodManufacturingPracticesCGMPs/ucm110877.htm>
- Yao, X., Xie, X., Fu, M., Marcus, S. (2005). *Optimal Joint Preventive Maintenance and Production Policies*. Wiley InterScience, pp. 668-681
- Chakraborty, T., Giri, B., Chaudhuri, K. (2008). Production lot sizing with process deterioration and machine breakdowns. *Journal of Operational Research*, pp. 606-618

Sobre los autores

Ángela Patricia Anaya

Ingeniera Industrial, Maestra en Ingeniería Industrial de la Universidad de Puerto Rico, Actual docente de tiempo completo del programa de ingeniería industrial de la Universidad San Buenaventura, Cali.
apanaya@usbcali.edu.co

Mario Fernando Acosta

Ingeniero Industrial, Maestro en Ingeniería Industrial de la Universidad del Valle, Actual docente de tiempo completo del programa de ingeniería industrial de la Universidad San Buenaventura, Cali.
mfacosta@usbcali.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.