

Nota: la investigación ha sido coordinado por Diana Barón y además de Leonardo Rivera en él han participado directamente: Angela Venegas, Daniela Arciniegas, Erika Córdoba, German Fontecha, Ingrid Perdomo, Juliana Padilla, Juan Ossa, Luis Felipe Orejuela Torres, Margarita Yepes, Mauricio Caro.

Mejora Del Proceso De Desarrollo De Productos En Empresas De Confección Empleando Lean.

Diana Isabel Barón Maldonado.*

Docente de Planta, Facultad Ciencias Económicas y Administrativas, Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia

dibaron@javerianacali.edu.co

Leonardo Rivera Cadavid

Profesor Asistente, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

leonardo.rivera.c@correounivalle.edu.co

Resumen

El " Programa de Transformación Productiva " del gobierno colombiano ha seleccionado el " sistema de la moda ", como uno de los sectores de clase mundial que quiere ayudar a desarrollar. El subsector de prendas de vestir, a pesar de ser uno de los más prometedores en el país, aún tiene deficiencias en el desarrollo de productos de acuerdo a los estudios de competitividad. Esto dificulta crear valor, reaccionar rápidamente al mercado, para competir de manera sostenible, flexible y diversificada, y enfrentar las tendencias globales. Debido a todo lo anterior Lean Product Development-LPD puede ser de gran ayuda. En este trabajo se presenta el desarrollo de una metodología para implementar LPD en las compañías de confección. Esta metodología se ha aplicado en tres mypimes e incorpora conceptos de sistema integrado de gestión, ecodiseño y macroergonomía. Los resultados de la aplicación se presentan y contrastan con relación al tamaño de las empresas, también aprendizajes a cerca de la participación de estudiantes.

Palabras clave: Sector confección, Desarrollo de Producto Lean, Ingeniero jefe

Abstract

The "Productive Transformation Program" from the Colombian government selected the "Fashion System" as one of the world-class industrial sectors it wants to help to develop. The apparel subsector, in spite of being one of the most promising in the country, still has product development deficiencies according to competitiveness studies. These deficiencies hinder the ability to create value, to react quickly to the market, to compete in a sustainable, flexible and diversified manner, and to embrace global trends. For all the above Lean Product Development (LPD) may be of great help. This paper presents the development of a methodology to implement LPD in apparel companies. This methodology has been employed in three SMEs and incorporates concepts of integrated management system, eco-design and macroergonomics. The results of its application are presented and contrasted with relationship to the size of the companies. Also learnings about student's participation are shared.

Keywords: Apparel sector, Lean Product Development, Chief Engineer.

*Autor para dirigir correspondencia. Dirigir a: Calle 18 No.118-250, Pontificia Universidad Javeriana. Cali, Colombia

1. Introducción

El programa nacional de transformación productiva eligió “el sistema moda”, del cual hace parte la confección, como sector manufacturero de clase mundial, por ello contrató con McKinsey & Company (2009) un estudio para diagnosticarlo y dinamizarlo. El estudio recomendó generar habilidades para competir con marcas internacionales, diversificar mercados, aumentar la participación en valor agregado y aprovechar tendencias globales. Dichas habilidades requieren la capacidad de desarrollar, atraer y retener personal capacitado para identificar necesidades de diferentes mercados y diseñar ofertas acordes; además de generar innovaciones en productos y procesos, cuya implementación sea viable desde el punto de vista comercial y de producción. Para ello se necesita personal e infraestructura de investigación y desarrollo para diseñar productos socialmente responsables, además de aumentar la velocidad, confiabilidad y costo eficiencia de los procesos productivos.

Sánchez (2012) evidencia que la importancia del sector textil y de la confección continúa siendo alta pues contribuyó a la generación del 20% del empleo industrial de Colombia en el año 2011. Además muestra que el dinamismo del sector sigue siendo positivo con un incremento real del 15% en producción y ventas. También deja entrever que continúa latente la necesidad de desarrollar las habilidades detectadas por McKinsey & Company (2009) para enfrentar las siguientes tendencias mundiales: inestabilidad y cambio constante en los mercados y los consumidores; reducción del ciclo de vida de los productos, amplio rango de productos, series cortas y flexibilidad; exigencia de procesos más rápidos y oportunos, y optimización constante de procesos.

Sánchez (2012) enuncia además los siguientes retos y oportunidades:

- La apuesta hacia la innovación, la especialización productiva y la agregación de valor como elemento diferenciador.
- El aumento de la productividad, la calidad y la competitividad, además del conocimiento, y respuesta oportuna a las tendencias y consumidores de los mercados globales
- La investigación e innovación aplicada a la industria, junto con la articulación efectiva del sector público, universidades, instituciones y empresas; la diversificación de la oferta exportadora y de los mercados aprovechando los múltiples acuerdo comerciales vigentes.
- El desarrollo de productos social, ambiental y empresarialmente responsables y la importancia de los temas éticos.

Debido a todo lo anterior, es importante para el sector de confección contar con metodologías para mejorar el desarrollo de productos (DP), por lo que el desarrollo de producto lean (Lean Product Development-LPD) surge como una prometedora alternativa al contribuir a la disminución de desperdicios, el aumento de la capacidad de generar valor, la flexibilidad, rapidez y variedad.

Los autores han desarrollado una adaptación de LPD al sector de la confección, pues este surgió en la industria automotriz. La adaptación se realizó inicialmente en el 2011 y 2012 en la microempresa empresa Equilibra y se continuó del 2012 al 2013 en la microempresa Croquis. Luego del 2013 a la fecha se ha trabajado en Colfactory, una mediana empresa.

La ponencia muestra el desarrollo de la metodología para la implementación de LPD en empresas de confección. En primera instancia se explica el marco teórico base de la metodología, posteriormente los pasos de esta, los resultados obtenidos, los aspectos a tener en cuenta según el tamaño de las empresas y los aprendizajes con respecto a la participación de estudiantes. Finalmente se discute algunas conclusiones y estudios futuros.

2. Marco conceptual

En esta sección se presentarán los temas relevantes para establecer el contexto conceptual del cual se partió para el desarrollo de la metodología.

2.1 Antecedentes

El sistema LPD ha sido empleado por varias empresas, siendo Toyota la que ha alcanzado los mejores resultados con incrementos del 400% en la productividad del desarrollo de productos, aumentos hasta del 1000% en innovación y reducciones del 500% en el riesgo de desarrollo (Kennedy, 2007). Por su parte empresas estadounidenses de la *Lean Aerospace Initiative* (Walton, 1999) reportan reducciones más modestas del 30% en los tiempos de ciclo y aumentos de productividad del 75%. Dos referentes claves en LPD son la Universidad de Michigan, de cuyas investigaciones Morgan y Liker (2006) hicieron parte y el proyecto europeo *Lean PPD* (LeanPPD, 2011), cuyo objetivo era desarrollar un nuevo modelo basado en *lean* que considere el ciclo completo de vida del producto. En el sector de la confección a nivel mundial, Indetex marca la parada en el uso de LPD, estando en la capacidad de llevar sus diseños desde el tablero de dibujo a la vitrina en 10 o 15 días (Folpe, 2000).

No se encontraron investigaciones sobre metodología de implementación de LPD para el sector de la confección, ni que mezclaran simultáneamente conceptos de LPD, macroergonomía y sistema integrado de gestión como lo hace la metodología objeto de la presente ponencia, pero se hallaron estudios relacionados con innovación en el sector de la confección, desarrollo de producto, LPD, *lean* y macroergonomía.

La macroergonomía puede ayudar a mejorar la aplicación de LPD de múltiples maneras: decidir si LPD es adecuado para la organización, ajustarlo a las condiciones y la cultura de esta, gestionar el cambio y ayudar a contribuir a la sostenibilidad.

En Finlandia, Putkonen, Abeysekera y Väyrynen (2010) emplearon macroergonomía para ajustar el proceso de desarrollo de un videojuego a las condiciones del sector. Espejo (2007) mejoró el proceso de toma de decisiones sobre que tecnología transferir a países en vías de desarrollo. Palacios e Imada (1998) emplearon macroergonomía en el desarrollo de muebles para tomar en cuenta tendencias de las organizaciones, la tecnología y los procesos de trabajo que pudieran afectar lo deseable que resultaran los productos para los clientes, su grado de satisfacción y la naturaleza misma de la organización que los diseña.

En relación al aporte que la macroergonomía al desarrollo sostenible Fischer, Hobelsberger y Zink (2009) afirman que las multinacionales pueden buscar buenas condiciones laborales para los trabajadores de sus contratistas limitándose a fijar códigos de conducta, monitorear su cumplimiento y romper relaciones con los infractores o participar en procesos conjuntos de mejora. Estos autores

emplearon macroergonomía para el manejo del cambio cultural durante las mejoras y de técnicas para fomentar la participación de los empleados como los entrenamientos de acción participatoria orientada.

Imada (2008) por su parte afirma que el desarrollo sostenible puede ser logrado con un esfuerzo de las personas y organizaciones influenciando la sociedad, la normativa legal y la política. El manejo macroergonómico del cambio ayuda a fomentar la participación de los empleados, al trabajar componentes emocionales y psicológicos para romper la inercia y la resistencia asociadas con los choques de culturas, miedos y dudas.

En cuanto a trabajos previos con LPD en empresas de confección o similares a nivel de Latinoamérica, Gati-Wechsler y Torres (2008) usaron *Lean* en el DP de una empresa de calzado en Brasil. En relación al uso de macroergonomía y *lean manufacturing* (aplicación de lean a las áreas de producción), Cornelli y Buarque (2012) realizaron una intervención en una fábrica de insumos para tacones en Brasil usando la clasificación *lean* de tipos de desperdicio con una categoría adicional relacionada con ergonomía. Empleando ergonomía participativa se logró una reducción del 31,5% del desperdicio y un aumento en el nivel de compromiso de los empleados.

En Colombia Becerra y Álvarez (2011) realizaron con 246 organizaciones del cluster de confección de Caldas (85% de microempresas) un estudio en el cual comprobaron la relación entre la innovación empresarial y el nivel de formación del recurso humano en las áreas de producción y administrativas, la existencia de áreas especializadas en recursos humanos en las empresas, la existencia de planes estratégicos de recursos humanos, y el empleo de acciones conjuntas relacionadas con el recurso humano entre las empresas del cluster.

En Medellín, Arrieta, Botero y Romano (2010) desarrollaron un *benchmarking* de *Lean* en producción que incluyó conceptos de LPD empleando 5 indicadores en 30 empresas de confección, bordados, lavados y estampados. El estudio encontró que el uso de LPD era bueno alcanzando una calificación de 80,44%. En Cali no se encontraron estudios de LPD pero hay tres antecedentes interesantes, un proceso integral de diseño para una empresa de ropa interior empleando un enfoque sistémico y de ingeniería concurrente (Morales, Sánchez y Ruiz, 2002); el empleo de personas del mercado objetivo durante el proceso de selección de materiales y diseños (Salazar y Sanz, 2010), y una guía metodológica para la aplicación de *poka yoke* y *jidoka* (autonomación o automatización con toque humano, técnica que incluye mecanismos para detectar defectos, segregarlos y detener la línea para atacar las causas de estos) en el desarrollo de productos empleando además ingeniería concurrente (Salazar, Velásquez y Rivera, 2008).

2.2 Marco de referencia

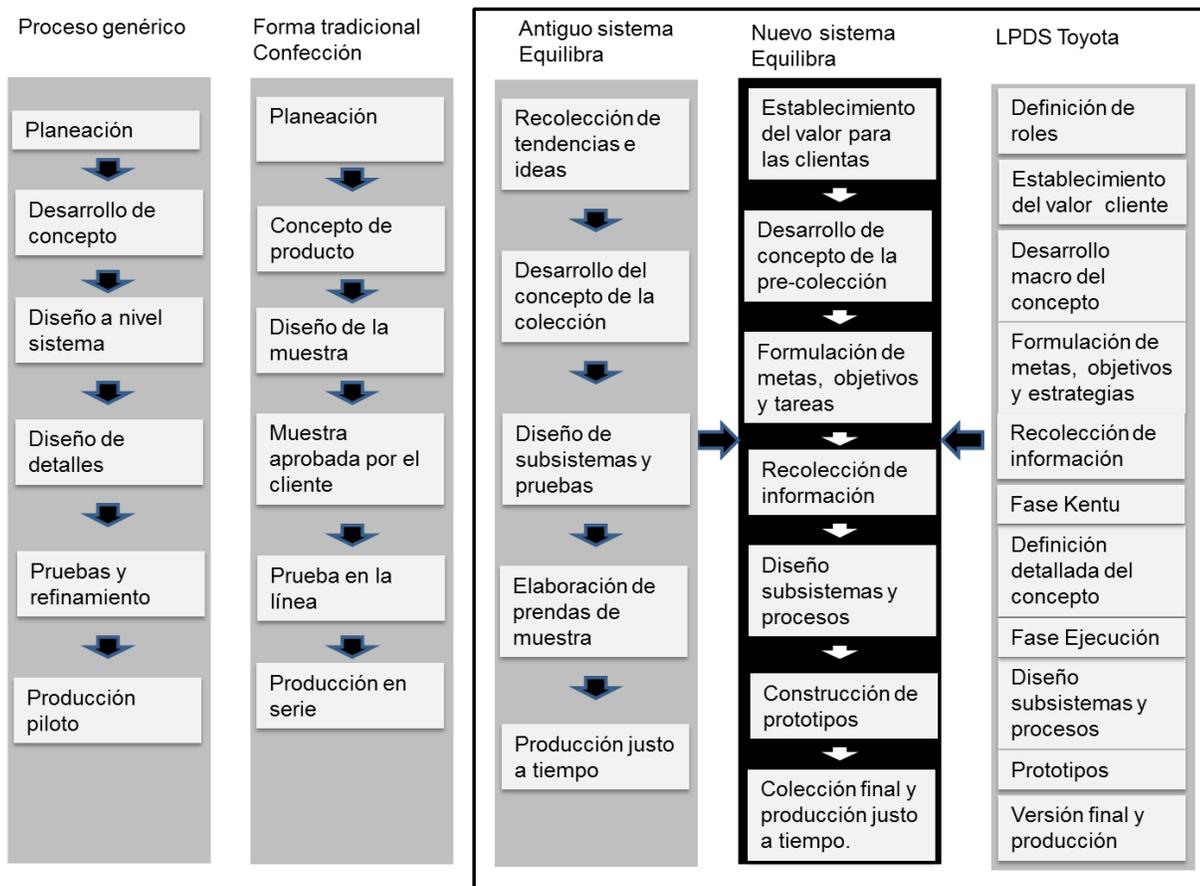
Para diseñar la metodología de implementación de LPD se realizó una revisión de literatura encontrando que las empresas tienden a ver el DP incluyendo sólo los aspectos relacionados con materializar un concepto en un producto o servicio, sin tener en cuenta la producción y distribución, lo cual genera inconvenientes y retrasos posteriores. De allí la importancia de incluir todas las actividades para llevar un producto al mercado dentro del DP tal y como lo plantean Otto y Wood (2001) y tomar como guía la cadena de valor para integrarlas. Otro aspecto primordial para el DP es el cuidado del medio ambiente y para ello son útiles los conceptos de ecodiseño (Capuz y Gómez, 2006) que ayudan a reducir los impactos ambientales en todo el ciclo de vida del producto. Adicionalmente para el aprovechamiento

del conocimiento existente, es útil emplear los conceptos de ingeniería inversa (partir de un objeto existente para diseñar otro) planteados por Otto y Woods (2001).

2.2.1. Sistemas de Desarrollo de Productos

A continuación se explican los sistemas de desarrollo de producto que se utilizaron como referentes para el diseño del sistema de desarrollo de Equilibra el cual dio origen a la metodología de implementación de LPD (ver figura 1).

Figura 1. Sistema de desarrollo de Equilibra y otros sistemas de desarrollo



Fuente: elaboración propia.

- Proceso genérico de desarrollo: en la primera columna de la izquierda se muestra el proceso genérico de DP propuesto por Ulrich y Eppinger (2004), incluyendo todo el ciclo de vida del producto y un enfoque multidisciplinario. En dicho proceso se encuentra la planeación general, en la cual se define el mercado objetivo y el concepto básico del producto, con la participación del área de mercadeo. Posteriormente, se desarrollan los detalles del concepto multidisciplinariamente. Luego los diferentes sistemas del producto son desarrollados por especialistas que intercambian conocimiento para asegurar la integridad del sistema y su viabilidad. Acto seguido, se realizan pruebas parciales y pilotos para llegar a la versión definitiva la cual es producida a pequeña escala para su afinación final.

- Proceso de desarrollo tradicional en el sector de la confección: en la segunda columna se muestra el DP tradicional en el sector de la confección, basado en cuatro empresas analizadas (cuyos nombres se mantienen en reserva) y muy similar a lo documentado por Tyler (2008). En este proceso se realiza una planeación general que define un mercado objetivo y una identidad de marca, para luego diseñar un concepto de producto o colección mediante bocetos, imágenes y muestras de materiales. Después se realiza la muestra física que es aprobada por el diseñador, personal de mercadeo y/o del área comercial. Luego algunas empresas realizan ensayos preliminares de producción mientras que otras pasan directamente a la producción en serie. En este método tradicional el DP tiende a ser lineal y no se promueve la interacción entre las distintas disciplinas.
- Antiguo sistema de Equilibra: en la tercera columna se observa el antiguo sistema de Equilibra, bastante similar al tradicional de confección, siendo la principal diferencia el hecho de que la producción es personalizada.
- Desarrollo de producto de Toyota: en la última columna se muestra el sistema de desarrollo LPD caracterizado por promover la interacción constante entre las diferentes disciplinas y áreas mediante la coordinación del ingeniero en jefe (IJ). El IJ debe asegurar que el producto final satisfaga al cliente, entregándole lo que él realmente valora (Morgan y Liker, 2006). El desarrollo de productos en Toyota es iterativo permitiendo detectar y corregir errores rápidamente.

Los autores que sirvieron de base para el desarrollo de la adaptación de LPD al sector de la confección fueron Morgan y Liker (2006) quienes lograron por primera vez describir el DP de Toyota, entendiendo sus principios, como funcionaba y sugiriendo una ruta de implementación. En su trabajo en Equilibra, Barón y Rivera (2012) emplearon además algunos conceptos relacionados con macroergonomía (Hendrick, 2002) para decidir si LPD era apropiado para la organización. Para facilitar la integración del sistema de DP al resto de la empresa también se emplearon conceptos de sistemas de gestión integrados mediante la norma PASS 99 (BSI, 2006) basada en los elementos comunes de normas como la ISO 9001 (ISO, 2008) de gestión de Calidad, ISO 14001 (ISO, 2004) de gestión ambiental y OHSAS 18001 de seguridad y salud ocupacional (BSI, 2007). Posteriormente, Arciniegas, Venegas y Barón (2013) continuaron mejorando la metodología incluyendo aspectos relacionados con gestión del riesgo basados en la ISO 31000 (ISO, 2009), además de ampliar el empleo de los conceptos relacionados con el Sistema Integrado de Gestión con ideas de Pardy y Andrew (2010) y López (2008). Dentro de las empresas que han utilizado LPD, se eligió como referentes Toyota, Equilibra y Croquis. Para que las empresas puedan entender las diferentes estructuras y herramientas de LPD y elegir las más apropiadas a sus necesidades usualmente se emplea la explicación elaborada por Arciniegas, Venegas y Barón (2013) de los aspectos más importantes del sistema de desarrollo de vehículos en Toyota según Morgan y Liker (2006).

3. Metodología

La versión actual de la metodología (Arciniegas, Venegas y Barón, 2013) consta de ocho fases: análisis para determinar si LPD es apropiado para la organización, arranque de proyecto, diagnóstico detallado y mejoras preliminares, diseño detallado, prueba del nuevo sistema, mejora del diseño del sistema,

conclusiones de validación de metodología y por último una fase opcional llamada despliegue externo y flexibilización.

3.1 Análisis para determinar cómo emplear LPD en la organización

La organización realiza un diagnóstico global del DP para cerciorarse de que LPD puede ayudar a mejorarlo. Como parte de esta fase además es necesario dar una idea global a la gerencia a cerca de LPD y sus posibles ventajas, de manera que se autorice realizar el diagnóstico.

3.1.1 Diagnóstico preliminar. Por medio de la recolección de información se define el problema, las posibles causas y el tipo de estructura que prevalece en la empresa.

3.1.2 Análisis de causas. Se analizan las causas del problema del DP y se comparan con la metodología LPD para ver si esta las ataca y cómo adaptar LPD a la empresa. Se espera que las causas del problema sean sistémicas y se relacionen unas con otras, haya niveles altos de desperdicio, no se tenga una definición clara de lo que agrega valor, falte rapidez o flexibilidad. En cuanto al tipo de estructura si la empresa es una adhocracia esto facilita el proceso de cambio pues las personas están acostumbradas a interactuar de una manera flexible y poco jerarquizada como con LPD.

3.1.3 Selección de LPD. Después de rectificar que la metodología va a reducir o eliminar las causas del problema se elige formalmente emplear LPD.

3.2 Arranque de proyecto

Este paso busca conseguir el apoyo para el proyecto.

3.2.2 Conseguir el respaldo de la gerencia. Todo cambio de gran escala debe partir de la gerencia, por ello esta etapa consiste en presentarle a esta los resultados del diagnóstico preliminar y la forma general en que se empleara LPD para que esta apruebe el inicio del proyecto.

3.2.3 Project charter. Documento que resume los aspectos más importantes del proyecto e incluye algunos datos claves del diagnóstico, la selección del equipo de implementación, el problema y los objetivos de mejora entre otros. Al equipo del proyecto pertenece usualmente el contacto directo en la empresa, el líder del proceso de desarrollo, el investigador (tutor) y estudiantes. El personal que lleva a cabo actividades de desarrollo, mercadeo, producción y ventas participa en el proyecto mediante capacitaciones, reuniones de diagnóstico, lluvias de ideas para solucionar las falencias detectadas e implementando las mejoras.

3.2.4 Entrenamiento preliminar. Da a conocer a los que participaran en el proyecto los aspectos básicos de LPD, un resumen de los resultados del diagnóstico y aspectos generales de la implementación.

3.2.5 Establecer la obeya del proyecto. Se entiende por *obeya*, el lugar en donde se reúnen las personas interesadas en la realización del proyecto.

3.3 Diagnóstico detallado y mejoras preliminares

Se centra en realizar el diagnóstico detallado del DP actual para proponer mejoras.

3.3.2 Definición del equipo, instrucción y entrenamiento. Se define el grupo de personas que realizan el mapa de valor del desarrollo de producto y se les explica la forma de realizarlo.

3.3.3 Establecer las partes interesadas. Se enfoca en definir las partes interesadas del proyecto y del SDP (Sistema de Desarrollo de Producto) con sus necesidades específicas.

3.3.4 Realización de PDVSM actual. Consiste en llevar a cabo el mapa de valor actual con las personas entrenadas para ello.

3.3.5 Análisis de diferentes tipos de desperdicio. Se centra en identificar los desperdicios que Morgan y Liker (2006) adaptaron al desarrollo de producto.

3.3.6 Análisis de la alineación del sistema con la estrategia. Establece la relación que tiene el DP actual con la estrategia de la compañía, y que tanto está contribuyendo a ella.

3.3.7 Identificación de riesgos macro. Se debe identificar, analizar valorar y evaluar riesgos que pueden afectar el DP, los cuales pueden estar relacionados por ejemplo con los competidores, la política, el medio ambiente, la economía, y la sociedad para luego establecer medidas de control como parte del nuevo sistema de desarrollo de producto.

3.3.8 Definición de sistemas de medición. Consiste en establecer las métricas con las cuales se mide el costo, calidad y tiempo de entrega, para evaluar el éxito del proyecto en los ensayos y prueba piloto.

3.3.9 Análisis consolidado de las causas. Busca realizar un análisis profundo de las causas raíz, para esto es recomendable el uso de un diagrama de relación y/o de los 5 porques.

3.3.10 Definición de los objetivos específicos. Consiste en determinar los objetivos específicos de mejora los cuales pueden incluir objetivos de medio y de resultado.

3.3.11 Proponer un PDVSM futuro, un Gantt del estado futuro, y un esquema del sistema de desarrollo de producto de acuerdo al ciclo PHVA. Se enfoca en realizar un mapa de la cadena de valor que refleje el estado deseado, mostrando las mejoras que se piensa llevar a cabo. En el diagrama Gantt se identifican las actividades de DP que no se renuevan para cada colección pero que hacen parte de este proceso y finalmente por medio del ciclo PHVA se da una visión global del SDP con los componentes más comunes empleados en los sistemas de gestión.

3.4 Diseño detallado

Incluye los elementos de las etapas que Morgan y Liker (2006) denominan organización *lean*, tecnología & herramientas y *lean enterprise*, cuya aplicación genera el nuevo sistema de desarrollo de producto que se estructura y formaliza siguiendo la metodología de planificación operativa de López (2008).

3.4.2 Mejoras al proceso actual. Se identifican las mejoras de acuerdo a los elementos de organización lean, tecnología & herramientas y lean.

3.4.2.1 Organización lean. Esta etapa inicia con el establecimiento del sistema de ingeniero jefe, en el cual una persona es responsable por el DP. Luego se definen las especialidades requeridas y la estructura a manejar. Posteriormente se establecen las competencias clave de ingeniería y diseño y cómo seleccionar a las personas adecuadas para el nuevo SDP. Por último se desarrolla un sistema de despliegue de políticas.

3.4.2.2 Herramientas y tecnologías Lean. Esta etapa al principio se enfoca en aquellas herramientas y tecnologías que requieran un cambio pequeño o inversión mínima. Inicia con la evaluación de la tecnología actual para descubrir sus limitaciones e identificar necesidades tecnológicas. Luego se inicia la búsqueda y ensayo de herramientas y tecnología, después se realizan pruebas más detalladas para el desarrollo de procesos de diseño y prototipos digitales. Posteriormente es posible trabajar en la ampliación del uso de herramientas lean a lo largo del proceso, para finalmente llevar a cabo la formalización del sistema de desarrollo de Obeya.

3.4.2.3 Lean Enterprise. Una vez se ha adquirido un buen nivel en el uso de LPD y el proceso de desarrollo se ha estabilizado, es posible involucrar a clientes y proveedores de manera que la empresa aplique lean en su cadena de suministro. Para llevar a cabo esta etapa inicialmente se integran algunos proveedores clave previamente identificados al jerarquizar los proveedores existentes. Posteriormente pueden involucrarse más proveedores y clientes, y recursos flexibles de desarrollo fuera de la empresa.

3.4.3 Estructuración y formalización. En esta etapa se definen el nuevo sistema de desarrollo de producto que se estructura y formaliza siguiendo la metodología de planificación operativa de López (2008) para complementar la metodología planteada por Morgan y Liker (2006).

3.5.2.1 Definir objetivos, principios, competencias clave de diseño y alcance del sistema. Consiste en determinar los objetivos del nuevo SDP, los principios bajo los cuales va a operar, las competencias claves de diseño que la empresa debe desarrollar y de que actividad a que actividad se extiende el alcance del sistema.

3.5.2.2 Definir procesos involucrados en el sistema de desarrollo de producto de la compañía. Consiste en establecer que procesos harán parte del nuevo sistema de desarrollo de producto.

3.5.2.3 Asignar un líder a cada proceso. Busca escoger la persona que deberá dar cuenta del logro de los objetivos de cada proceso del sistema o del sistema completo, a la cual se le delega formalmente la autoridad y responsabilidad sobre este. Dicha persona debe contar con las competencias necesarias y las capacidades de liderazgo para realizar la gestión.

3.5.2.4 Identificar requisitos aplicables a los procesos. Este paso se enfoca en definir los requerimientos que el nuevo SDP debe cumplir, con respecto a los clientes (internos o externos), la misma organización, la ley y otras normas.

3.5.2.5 Ajustar el PDVSM, GANTT y esquema del sistema de desarrollo de producto siguiendo el ciclo PHVA de acuerdo a los requisitos aplicables. En esta etapa se reajustan el GANTT, el mapa de la cadena de valor y el esquema del ciclo PHVA de acuerdo a la legislación y normatividad a las cuales esté sujeta la empresa.

3.5.2.6 Definir interacciones. Consiste en establecer de manera clara las entradas y salidas de los procesos del sistema para determinar sus interacciones.

3.5.2.7 Determinar la secuencia de las actividades de los procesos. Se centra en determinar la secuencia lógica de las actividades de cada proceso del sistema de manera que su ejecución y control puedan ser llevados eficazmente.

3.5.2.8 Identificación de impactos ambientales, riesgos y peligros de los procesos. Busca determinar los riesgos relacionados con aspectos ambientales, de calidad y salud ocupacional del DP, de manera que dicha información pueda tenerse en cuenta posteriormente en el diseño de los procesos para un adecuado control y planeación de acciones de tratamiento.

3.5.2.9 Definir métodos de operación de los procesos. Aquí se debe incluir la maquinaria necesaria y su instalación, el método, las personas con la descripción de competencias y habilidades requeridas, los materiales y las condiciones ambientales.

3.5.2.10 Definir controles operacionales. Consiste en determinar cuáles procesos se van a controlar, de qué manera y en qué puntos.

3.5.2.11 Definir recursos necesarios para los procesos. Para que el sistema pueda alcanzar el logro de los objetivos propuestos es necesario asignar los recursos requeridos los cuales incluyen: instalaciones físicas, maquinaria y equipos, software, hardware, información, recurso humano, equipo de protección y seguridad, entre otros.

3.5.2.12 Establecer el sistema de medición para los procesos. Consiste en determinar métodos para evaluar el logro de los objetivos basándose en los resultados y en asegurar el cumplimiento de los controles operacionales y requisitos legales relacionados con los procesos, por medio de indicadores.

3.5.2.13 Documentar los procesos. Es necesario documentar el sistema de gestión de manera que esto facilite la implementación del piloto y sirva de base para la estandarización.

3.5 Probar el nuevo sistema

Con el fin de realizar cambios o mejoras y obtener el diseño final del sistema de desarrollo de producto este se implementa a pequeña escala y se evalúa.

3.5.2 Implementar piloto. Se prueba el funcionamiento del nuevo sistema empleándolo para el desarrollo de algunos nuevos productos.

3.5.3 Verificar el logro de los objetivos de los procesos. Consiste en constatar si los objetivos del sistema y los procesos se ha cumplido mediante el empleo de indicadores.

3.6 Mejorar diseño del sistema

Busca establecer acciones correctivas, preventivas y de mejora basadas en la prueba piloto.

3.7 Conclusiones de validación de la metodología

Se enfoca en establecer sí la metodología empleada para el diseño del sistema de desarrollo de producto funcionó en una empresa específica, de manera que esta experiencia contribuya a validar el uso de la

metodología en el sector de confección. En este punto se analizan también los aspectos positivos de la metodología y los aspectos a mejorar.

3.8 Despliegue externo y flexibilización

Sí la empresa es pequeña y parte de su desarrollo de producto es externo, se puede incluir desde el inicio a los proveedores clave y a los clientes sí se desea. Sí la empresa es grande y cuenta con un sistema de desarrollo complejo, una buena opción es realizar primero todo el diseño del nuevo sistema de desarrollo y estabilizarlo para posteriormente dar participación a los proveedores clave y a los clientes. En este caso se lleva a cabo un piloto adicional incluyendo los nuevos participantes.

3.9 Detalle etapas desarrollo de colección

Debido a la importancia del proceso de desarrollo de colección, del cual se genera los conjuntos de prendas varias veces al año, a continuación se detallan sus etapas, las cuales podrán ser modificadas por cada empresa.

3.9.2 Establecimiento del valor para las clientas. Recolectar información relacionada con la moda, tendencias y requerimientos de los clientes.

3.9.3 Desarrollo del concepto de la pre-colección. Se define la visión global de la nueva colección mediante un documento realizado con imágenes y textos cortos que ilustran las ideas a explorar.

3.9.4 Formulación de metas y asignación de tareas. Trazar metas medibles y alcanzables para la colección, y asignar tareas a los diferentes empleados de acuerdo a sus competencias y habilidades.

3.9.5 Recolección de información. Consiste en la recolección de la información necesaria para llevar a cabo las tareas previamente asignadas.

3.9.6 Diseño de subsistemas y procesos. Los productos pueden subdividirse en subsistemas (llamados también módulos) los cuales son combinados de diferentes formas para originar nuevos productos. Cada subsistema a su vez requiere el diseño de su proceso de producción.

3.9.7 Construcción de prototipos. En esta etapa se producen las muestras de los productos

3.9.8 Colección final y fabricación. Dependiendo del tipo de empresa, se establece sí se producirá justo a tiempo o contra inventario y se inician las operaciones normales de manufactura.

4. Resultados

A continuación se muestran los principales resultados obtenidos

Equilibra

- Reducción del tiempo de ciclo de desarrollo de colección de 3 meses en promedio a tan solo 20 días.

- Incremento de la flexibilidad al reducir el tiempo de ciclo y a la retroalimentación de los clientes antes, durante y después del desarrollo de colecciones. El número de mecanismos que la empresa tenía para adaptarse a las necesidades de los clientes paso de uno a siete. El indicador que mide la cantidad de cambios o sugerencias solicitados que pueden implementarse correctamente y lo suficientemente rápido para que no se pierda la venta era del 40% y fue del 100% durante la prueba piloto.
- Aumento de la capacidad de generar valor: la información recolectada sirvió para redefinir el segmento de mercado de la empresa y modificar su propuesta de valor. Además fue empleada en el diseño de la colección, logrando que esta fuera aprobada por el 100% de los clientes participantes en el piloto. Antes el 70% de las muestras debían venderse a precios de remate, y el 75% de ellas no generan pedidos de prendas personalizadas o solo generan un pedido. También era común que los clientes que usaban el servicio de blusas no encontraran lo que buscaban, por lo cual se podía concretar la venta en la primera visita solo el 26,09% de las ocasiones.
- Reducción del 50% en referencias de tela disminuyendo la necesidad de pruebas de lavado y ajustes de moldería pues solo se compran muestras de las telas aprobadas en la pre-colección y que vengan en al menos 5 colores.
- Mayor realismo e impacto: los nuevos programas encontrados y formas de mostrar la pre-colección y la colección permiten mayor realismo e impacto en los clientes.

Croquis

- Mejoras a los métodos empleando gestión del riesgo para tener en cuenta aspectos ambientales, de salud ocupacional y calidad.
- Aumento de la satisfacción de los clientes al recolectar información de voz del cliente. Esto se evidencia con un nivel de satisfacción de los clientes del 100% con respecto a las prendas elaboradas en el piloto.

A continuación se muestran los cuadros comparativos con las reducciones de costos y tiempos y su impacto económico proyectado a dos años.

Figura 2. Cuadro comparativo de costos.

Antes	Con las mejoras
Las ventas perdidas por falta de variedad son de \$86.724.880 por año lo cual representa un 33% de las ventas totales anuales.	Con las mejoras el porcentaje de ventas pérdidas por variedad es del 17,47% es decir de \$50.504.489 y se proyecta que al segundo año las ventas perdidas por variedad sea del 1.39% es decir de \$4.444.395
El costo actual por reproceso es de \$23.332 por prenda, y se genera en el 90% de las prendas con un costo anual de \$793.287.	Con las mejoras se reducen los reprocesos: en el primer año el costo de reproceso por prenda es de \$13.377 y ocurre en el 50% de las prendas con un costo total por año de

	\$668.850; en el segundo año se reducen con un costo de reproceso por prenda de \$2.769 y ocurren en el 10% de las prendas con un costo total por año de \$265.828.
El costo de diseñar una prenda con las condiciones actuales es de \$532.876	El costo de diseñar una prenda con el nuevo sistema de desarrollo de producto es \$309.715 para el primer año y de \$309.321 para el segundo año.

Figura 3. Cuadro comparativo de tiempos

Antes	Con las mejoras
Se presenta un Lead time de 12930 min es decir 26,93 días	Se logra una reducción del Lead time en 7249 min es decir 15,10 días, en porcentaje se logra una reducción del 43.92%
Las actividades que generan valor representan 1823 min equivalentes a 3.79 días, es decir el 14,1% del tiempo	Con las mejoras las actividades que generan valor representan 1699 min equivalente a 3.54 días, es decir el 23,4% del tiempo.
Los tiempos de espera son de 11106 minutos equivalente a 23.13 días	Al llevar a cabo las mejoras se logra una disminución del tiempo de espera a 5550 min equivalentes a 11.53 días, es decir se logra una reducción del 50.02%
Antes las actividades donde intervenía la Gerente comercial (Solicitud de nuevos desarrollos, revisar concepto y propuesta, aprobar PT y procesar ficha comercial), representaban unos tiempos de ciclo de 361.47 minutos y unos tiempos de espera de 1793 minutos, representando el 16.14% de las actividades que no generan valor a lo largo del proceso de desarrollo de producto.	Al reasignar las actividades antes realizadas por la Gerente Comercial a otras trabajadoras de Croquis y al enfocar la función del área comercial en el desarrollo de producto a brindar únicamente información de las clientas, se redujeron algunos tiempos de ciclo en total de 23.88 minutos equivalentes a una reducción del 6.60% a lo largo del proceso y tiempos de espera de 1232.88 minutos equivalentes a 2.56 días equivalentes es decir se logra una reducción del 68.74%.

Colfactory

El proyecto está en la etapa de formalización y estructuración por lo cual no se tienen mediciones. El nuevo proceso de desarrollo de colecciones fue definido y varios elementos ya han sido probados:

- El nuevo control de muestras en proceso elimina duplicidad en la digitación de información y facilita el cálculo de indicadores de seguimiento.

- Nuevas pruebas preliminares a telas reducen reprocesos y dan más ideas de acabados a los diseñadores.
- Un sistema de kanban fue probado con éxito para controlar los inventarios de muestras en proceso.
- El uso de mecanismos para captar y sistematizar la voz del cliente fue parte del diagnóstico y ahora hará parte integral del SDP.

4.5 Aspectos a tener en cuenta de acuerdo al tamaño de las empresas al usar la metodología

En esta sección se analizan las características, ventajas y desventajas de las micro y pequeñas empresas especificando los aspectos que se recomienda tener en cuenta.

4.5.1 Recursos

Las empresas medianas tienen más recursos por lo cual cuentan con personal multidisciplinario y departamentos que enriquecen la implementación de LPD y permiten asignar personal de dedicación exclusiva empleado cupos para estudiantes Sena o universitarios. Los departamentos de diseño e ingeniería suelen tener recursos presupuestales para algunas mejoras y capacitaciones que pueden ser usados inicialmente y luego con los resultados obtenidos es más fácil negociar más recursos con la gerencia general. Por otra parte, las microempresas tienen la ventaja de tener el poder concentrado en el gerente general lo que acelera la asignación de recursos.

4.5.2 Participación de la gerencia

En las microempresas la estructura es simple y el gerente general usualmente participa en todas las etapas del proyecto y es el contacto principal en la empresa. En una empresa mediana la estructura tiene a ser funcional por lo que la participación del gerente general en el proyecto es principalmente como patrocinador del mismo y en la validación y aprobación de las propuestas. Tanto en las micro como en las medianas empresas es importante que desde el inicio el proyecto se tenga el aval de la gerencia general. A lo largo del proyecto se debe tener reuniones periódicas con el gerente general para informarle el estado del proyecto, validar lo realizado y tener su aprobación. El nivel de detalle técnico dependerá de las preferencias del gerente, pero se debe garantizar un nivel de comprensión general del proyecto.

4.5.2 Toma de decisiones

En las empresas medianas se puede encontrar departamentos de ingeniería o similares cuyo jefe sea designado por el gerente general para ser el contacto directo y/o líder para el proyecto. Esto pasa debido a que los jefes de las áreas operativas están demasiado ocupados con la gestión del día a día por lo que reciben este apoyo y participan durante todas las etapas pero no en los detalles de la gestión administrativa del proyecto. En otras empresas el contacto directo y líder del proyecto es el jefe del área que lleva a cabo los procesos de desarrollo. Debido a la estructura funcional y a problemas de comunicación puede ocurrir que algunos jefes tiendan a comportarse en silos, pensando sólo en el beneficio de su departamento y teniendo dificultades para tomar decisiones con un enfoque sistémico. En el proyecto esto ha ocurrido y se ha buscado atacar las causas, especialmente la mala comunicación. También se han incluido en el proyecto personas que no son de la gerencia, pero que tienen buenas relaciones con todos los departamentos en conflicto para que ayuden como mediadores.

4.5.3 Gestión del Cambio

En las microempresas la velocidad del cambio es mayor si los gerentes generales estaban totalmente convencidos de los beneficios del proyecto y usan el poder para hacer que los empleados adopten las nuevas medidas rápidamente, lo anterior se facilitaba por el poco número de empleados. En la empresa mediana el cambio es más lento pues participan más personas y departamentos, esto genera trámites, conflictos y dificulta la coordinación. Para manejar todo lo anterior ha sido útil trabajar actividades en paralelo y definir formas alternativas de hacer las cosas. Entre más larga sea la implementación es más probable que más cambios se presenten en la empresa. Dichos cambios deben ser analizados para ajustar el proyecto.

5. Aprendizajes obtenidos con respecto a la participación de estudiantes de pregrado

A continuación se analizan los principales aprendizajes obtenidos de la participación de los estudiantes de pregrado (12 directamente y más de 20 indirectamente).

5.1 Beneficios mutuos para la investigación y los estudiantes

Los estudiantes aportan mano de obra a bajo costo y contribuyen a la sostenibilidad del proyecto cuando promociones sucesivas se pasan “la posta”. Se ha identificado además que aportan conocimientos, entusiasmo, experiencia y una visión fresca y creativa.

Los alumnos se han vinculado como estudiantes en práctica, con trabajos de grado o como alumnos de clases dictadas por docentes del proyecto. A la fecha han participado estudiantes de las universidades Javeriana, Icesi y San Buenaventura de Cali; de las carreras de ingeniería industrial, diseño de vestuario y administración de negocios. Las actividades realizadas por ellos incluyen: buscar y probar software, realizar pruebas para mejorar la elaboración de moldería, diseñar prendas, recolectar y analizar información, entrenar personal, proponer mejoras, realizar ensayos, validar propuestas, mejorar la metodología de implementación y documentar.

Los beneficios que los estudiantes tienen incluyen lugares para sus tareas, visitas, trabajos de grado y prácticas. Además de la oportunidad de adquirir experiencia interdisciplinaria, generar impacto social y desarrollar competencias como liderazgo, trabajo en equipo, toma de decisiones y resolución de problemas. A futuro los estudiantes que participen en el proyecto tendrán la posibilidad de visitar el Tecnológico de Milano puesto ya se estableció contactos con investigadores de dicha universidad que participaron en la *Lean PPD initiative* y ellos ofrecieron dicha opción siempre y cuando el estudiante costee sus gastos.

5.2 Pautas para atraer a los estudiantes a participar en la investigación

Para hacer el proyecto llamativo se ha relacionado con aspectos que sean del interés de los estudiantes y aporte a sus planes de carrera (lean atrae a los estudiantes de ingeniería y las microempresas a los emprendedores). El que las empresas que participan en el proyecto resulten atractivas también ha ayudado a que alumnos de un muy buen nivel académico se vinculen a la investigación. En el proceso de selección ha sido útil aprovechar el conocimiento sobre los estudiantes que han sido alumnos de docentes relacionados con el proyecto.

5.3 Aspectos a tener en cuenta para apoyar a los estudiantes durante su participación

Para apoyar a los estudiantes es importante tratarlos de manera respetuosa y valorar sus aportes. Los estudiantes deben tener una persona del proyecto que cumpla la función de tutor y una persona en la empresa que sea su contacto principal. La mejor manera en que el tutor puede apoyar a los estudiantes es realizar reuniones periódicas cuya frecuencia puede ser semanal o quincenal. El tutor entrena, aconseja, asigna labores y corrige el trabajo realizado por los estudiantes. También es el encargado de gestionar la relación con la empresa y el contacto principal. El contacto directo en la empresa debe ser una persona con el poder de decisión y/o las conexiones necesarias para ayudar a suministrar al estudiante los recursos necesarios para su labor en la empresa.

6. Conclusiones y futuros estudios

La metodología de implementación de LPD ha podido ser usada en empresas micro y medianas del sector de la confección con buenos resultados y sería interesante a futuro emplearla en una empresa grande.

El tamaño de la organización influye en la manera en la que LPD debe ser implementado y en la velocidad a la cual es posible realizar los cambios.

La participación de estudiantes resulta valiosa para los investigadores, los estudiantes, gerentes y empleados pues no sólo aporta a la sostenibilidad del proyecto sino a la mejora de las organizaciones y la formación profesional, personal e investigativa.

Actualmente estudiantes de la Universidad Icesi están retomando pasos de la metodología de implementación del LPD para modificarlos y mejorar el proceso de producción de pellets de plástico en una microempresa y pese a que esta es de otro sector y se aplicó a otro proceso, todas las recomendaciones del numeral 4.5 para microempresas continuaron siendo válidas y mucho de la metodología fue útil.

A futuro se busca validar más la metodología y estandarizarla. Estructurando la información de la etapa de diagnóstico y verificación para hacerla comparable entre empresas para hacer benchmarking que contribuya a la creación de una red entre empresas que apliquen la técnica. Un referente interesante es el instrumento diseñado por Al-Ashaab et al (2013) para verificar el estado inicial de la implementación de los principios lean en el desarrollo de producto de las empresas, otro referente es el trabajo de Manotas y Rivera (2007) con respecto a las actividades lean y sus métricas.

En el 2014 un artículo de Gurumurthy y Kodali (2012) relacionado con Agile Product Development (APD) fue encontrado y abre la posibilidad de investigar más sobre este set de estrategias y herramientas que ayudan al a rápida reconfiguración del producto y sus procesos relacionados según los cambios emergentes del mercado (Preiss al, 1996). El trabajo de Feifan y Guofu (2006) propone un método de APD basado en el ciclo total de vida del producto y en la cooperación entre pequeñas y medianas empresas que hacen parte de una misma red virtual.

Bibliografía

- Al-Ashaab, A., Petritsch, C., Gourdin, M., Aliende Urrutia, U., Andino, A., Varro, B., ... & Kayani, A. (2013). *Lean Product Development Performance Measurement Tool. Proceedings of the 11th International Conference on Manufacturing Research (ICMR2013) Cranfield, United Kingdom*
- Arciniegas D., Venegas A. y Barón D., (2013). *Propuesta de mejora del proceso de desarrollo de producto de la empresa Croquis de Cali empleando la metodología Lean*. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Cali, Colombia : Pontificia Universidad Javeriana.
- Arrieta, J., Botero V. y Romano, M. (2010). Benchmarking sobre Manufactura Esbelta (Lean manufacturing) en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 15(28), 141-170.
- Barón, D. y Rivera, L. (2012). *Diseño del sistema de desarrollo de producto para blusas en tejido plano en una empresa de Cali siguiendo la metodología lean*. Trabajo de grado Maestría en Ingeniería Industrial. Cali, Colombia: Universidad ICESI.
- Becerra, F. y Álvarez, C.M. (2011). El talento humano y la innovación empresarial en el contexto de las redes empresariales: el clúster de prendas de vestir en Caldas-Colombia. *Estudios Gerenciales*, 27(119), 209-234.
- BSI (2007). *OHSAS 18001*(2 ed.). London: BSI.
- BSI (2006). *PASS 99 Specification of common management system requirements as a framework for integration*. London: BSI.
- Capuz, S. y Gómez, T. (2006). *Ecodiseño. Ingeniería del Ciclo de Vida para el Desarrollo de Productos Sostenibles* (2da edición). México, D.F.: Editorial Alfaomega.
- Cornelli, R. y Buarque de Macedo, L. (2012). Macroergonomic intervention for work design improvement and raw materials waste reduction in a small footwear components company in Rio Grande do Sul-Brazil. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 41(1), 5612-5620.
- Dennis, P. (2010). *The Remedy. Bringing Lean Thinking out of the Factory to Transform the Entire Organization*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Espejo, C., Erensal, Y., Albayrak E. (2007). Macroergonomics supporting lean manufacturing. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*,.17 (1), 1-19.
- Fischer, K., Hobelsberger, C., Zink, K. (2009). *Human factors and sustainable development in global value creation*. Proceedings IEA. Beijing IEA. pg 9-14,
- Folpe, J. (2000). Zara has a made to order plan for success. Recuperado el 19 de febrero de 2012 de: http://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune_archive/2000/09/04/286833/

Gati-Wechsler, A.M. y Torres, A.S. (2008). *The influence of lean concepts on the product innovation process of a Brazilian shoe manufacturer*. PICMET (Ed.) Management of Engineering & Technology Portland International Conference (1137-1144). Cape town: PICMET.

García, G., Lange, K., Baquero, M., Ramos, M. (2008). *Ponencia 10 años de ergonomía en el Banco de la República: De la mano en pro de la salud y la productividad*. VI Congreso Internacional de Prevención de Riesgos Laborales. España: ORP. Consultado noviembre 20 de 2012 Disponible en <http://www.prevencionintegral.com/Articulos/@Datos/ ORP2010/1875.pdf>

Gurumurthy, A., & Kodali, R. (2012). An application of analytic hierarchy process for the selection of a methodology to improve the product development process. *Journal of Modelling in Management*, 7(1), 97-121.

Hendrick, H. (2002). *Macroergonomic methods: Assessing work system structure*. En Hendrick, H., & Kleiner, B. (Eds.), *Macroergonomics, theory, methods and applications*. (45-66). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Imada, A. (2008). Achieving Sustainability through Macroergonomic Change Management and Participation. In Zink, K. (Ed.), *Corporate Sustainability as a Challenge for Comprehensive Management*. Heidelberg: Physica-Verlag.

ISO (2008). *Norma ISO 9001* (4a edición). Ginebra: ISO.

ISO (2004). *Standard ISO 14001* (4a edición). Geneve: ISO

ISO (2009). *Standard ISO 31000* (4a edición). Geneve: ISO

Imada, A. (2008). Achieving Sustainability through Macroergonomic Change Management and Participation. In Zink, K. (Ed.), *Corporate Sustainability as a Challenge for Comprehensive Management*. Heidelberg: Physica-Verlag. pg. 129–138.

Kennedy, M (2007). *El Desarrollo de Productos en Toyota. Porque su sistema es cuatro veces más eficaz y como puede implementarlo en su empresa*. Barcelona: Ediciones Deusto.

LeanPPD (2011). What is the LeanPPD project. *LeanPPD: Lean Product and Process Development*, 11(1), 1. Recuperado de: http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/wmg/research/business_transformation/ssg/research/viablesystems/leanppd/leanppd_newsletter_2011_issue_1_final.pdf

López, F. (2008). *El sistema de gestión integrado*. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

Manotas, D. y Rivera, L. (2007). Lean manufacturing measurement: the relationship between lean activities and lean metrics. *Estudios Gerenciales*, 23(105), 69-84.

Mckinsey & Company (2009). *Informe final Sector Textil, Confección, Diseño y Moda*. (pp.18, 20, 23) Bogotá: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo República de Colombia.

- Morales, C., Sánchez, A. y Ruiz, A. (2002). *Desarrollo de un Modelo que Apoye la Satisfacción de los Requerimientos de Calidad y Diseño para una Empresa que Confecciona Ropa Interior Femenina*. [CD-Rom]. Trabajo de Grado Ingeniería. Cali, Colombia : Universidad Javeriana Facultad de Ingeniería Industrial.
- Morgan, J. y Liker, J. (2006). *The Toyota Product Development System*. New York: Productivity Press.
- Otto, K. y Wood, K. (2001). *Product Design. Techniques in Reverse Engineering and New Product Development*. Upper Saddle, NJ: Prentice Hall.
- Palacios, N. y Imada, A. (1998). *A macroergonomic approach to product design*. En Vink, P.(Ed.) *Human factors in organizational design and management - VI: Proceedings of the Sixth International Symposium on Human Factors in Organizational Design and Management (439-442)*. Amsterdam: Elsevier.
- Pardy, W. G., & Andrews, T. (2010). *Integrated management systems: Leading strategies and solutions*. Lanham: Government Institutes.pg. 1-11.
- Preiss, K., Goldman, S.L. and Nagel, R.N. (1996), *Cooperate to Compete: Building Agile Business Relationships*, Van Nostrand Reinhold, New York, NY.
- Putkonen, A., Abeysekera, J. y Väyrynen, S. (2010) *Macroergonomic approach applied to work system modeling in product development contexts*. Dissertation Technology. Oulu, Finland: University of Oulu.
- Salazar, S. y Sanz C. (2010). *Estudio de Requerimientos de Vestuario para Adolescentes en la Fase Media de la Pubertad*. [CD-Rom]. Trabajo de Grado diseñador de vestuario. Cali, Colombia: Universidad San Buenaventura.
- Salazar, M, Velásquez, S. y Rivera, L. (2008) *Integración de las Herramientas Jidoka y Poka-Yoke en el Ciclo de Diseño y Desarrollo del Producto y Proceso*. Trabajo de Grado Ingeniería Industrial. Cali, Colombia: Universidad Icesi.
- Sánchez, María. (2012). *El sector textil/confección en Colombia Retos y Oportunidades*. Medellín, Colombia: Plataforma de innovación para el sector textil-Confección. Inexmoda.
- Tyler, D. (2008) Carr & Latham's. *Technology of Clothing Manufacture (4ta edición)*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Ulrich, K. y Eppinger, S. (2004). *Diseño y Desarrollo de Productos Enfoque Multidisciplinario (3ra edición)*. México, D.F.: Mc Graw Hill.
- Walton, M. (1999). *Strategies for Lean Product Development*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology.

