

Application of the Framework of the Project Management Institute (PMI) For the Course “Project of Elements of Machines and Equipment”

Carlos M. Echeverri, Msc¹, Carlos A. Rodríguez, Msc², Jorge E. Montoya, Bsc³, Andres F. Alzate, Student⁴

¹Universidad EAFIT, Colombia, cechever@eafit.edu.co, jmonto73@eafit.edu.co, aalzat16@eafit.edu.co

²Universidad EAFIT, Colombia, carodri@eafit.edu.co

Abstract- *The Colombian manufacturing industry needs a structured guide, in which the design in engineering is interrelated constantly with the administrative theory through the life cycle of equipment manufacturing, guaranteeing That a manufacturing project ends with a high reliability from the emergence of the idea to the manufacture of the respective machine, meeting the functional requirements that are found within the timetable, the budget and the project's agreed to scope. Presented herein is the framework used for the development of these types of projects at academic level, detailing the main activities and principal tools. A case study describes the successful development of a conveyor belt, whose purpose to substantiate new findings from the experience obtained with this kind of implementation(s), which in the future will be reflected in the engineer's trained in the advanced development of the manufacturing processes, thus achieving an awareness of the industry by this subject.*

Key Words: *Framework, Project Management*

Digital Object Identifier (DOI) <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1195>

ISBN: 9780-9822897-3

ISSN: 2414-390

Aplicación del Marco de Fundamentación del Project Management Institute (PMI) para la Asignatura Proyecto de Elementos de Máquinas y Equipos

Carlos M. Echeverri, Msc¹, Carlos A. Rodríguez, Msc², Jorge E. Montoya, Bsc³, Andres F. Alzate, Student⁴

¹Universidad EAFIT, Colombia, cechever@eafit.edu.co, jmonto73@eafit.edu.co, aalzat16@eafit.edu.co

²Universidad EAFIT, Colombia, carodri@eafit.edu.co

Abstract– La industria manufacturera colombiana necesita de una guía estructurada, en la que el diseño en ingeniería se interrelacione constantemente con la teoría administrativa a través de todo el ciclo de vida de fabricación de equipos, garantizando que un proyecto de manufactura termine con una alta confiabilidad desde la concepción de la idea hasta la fabricación de la respectiva máquina, cumpliendo con los requisitos funcionales que se encuentran dentro del cronograma, el presupuesto y el alcance pactado. Se presenta el marco de fundamentación utilizado para el desarrollo de este tipo de proyectos a nivel académico, detallando las actividades y herramientas principales. Se describe un caso de éxito en el desarrollo de una banda transportadora, teniendo como propósito evidenciar nuevos hallazgos a partir de la experiencia obtenida con esta clase de implementaciones, que en el futuro serán reflejadas en los ingenieros formados en el desarrollo avanzado de los procesos de manufactura, logrando así una sensibilización de la industria por este tema.

Palabras clave-- Marco de fundamentación, Project Management Institute, Proyecto de Elementos de Máquinas y Equipos.

I. INTRODUCCIÓN

A. Enfoque de la Asignatura Proyecto de elementos de Máquinas y Equipos

El Departamento de Ingeniería de Producción, de la Universidad EAFIT, cuenta con el área de estudios en manufactura, en la cual los estudiantes deben afrontar problemas prácticos de ingeniería para la fabricación de diferentes productos con requerimientos distintos. Durante el desarrollo de dichos proyectos y a través de las diferentes asignaturas del área en las cuales se hace énfasis en los diferentes procesos de manufactura [1], sistemas de manufactura [2] y herramientas de producción. La última asignatura del área de manufactura retoma todos los conocimientos previos adquiridos por el estudiante a lo largo de la carrera y se enfoca en la realización de una máquina desde una perspectiva más amplia, comprendiendo la importancia de las variables de un proyecto en el entorno global de las máquinas y herramientas, los sistemas de producción, conociendo los principales tipos de máquinas en nuestro entorno. La fabricación de esta máquina parte desde la identificación de las necesidades hasta la construcción de dicha máquina, lista para su operación.

B. Proyectos de Manufactura en Colombia

Actualmente, la industria manufacturera colombiana no cuenta con una metodología en la que el diseño en ingeniería se interrelacione constantemente con la teoría administrativa a través de todo el ciclo de vida de fabricación de equipos y que garantice que, un proyecto de manufactura desde la concepción de la idea hasta la fabricación de la respectiva máquina termine con una alta confiabilidad, cumpliendo con los requisitos funcionales dentro del cronograma, presupuesto y alcance pactado. Por este motivo se propone la utilización de esta estrategia en los cursos de proyecto, con el fin de apropiarse a los estudiantes de Ingeniería con dichas tecnologías para que posteriormente estén en capacidad de proponer estrategias similares en el medio industrial colombiano una vez insertados en el sector laboral [3].

Ahora, este tipo de proyectos por sus condiciones requieren de una minuciosa y correcta gestión, es aquí donde la gestión de proyectos de diseño y fabricación de máquinas se basa en la metodología de PMI [4], que pretende desarrollar un método estructurado, acompañando todas las fases del proyecto desde el levantamiento de requisitos hasta su puesta en producción, garantizando así, la generación de valor de manera sostenible por parte de la industria, trazabilidad durante el proceso de diseño-fabricación e integración.

Así pues, la definición de proyectos de manufactura planeado y ejecutado bajo la metodología de gestión de proyectos del PMI, surge como una propuesta de solución que busca garantizar el éxito de estos esfuerzos, minimizando el riesgo de sobrecostos y finalización del proyecto después del cronograma pactado.

C. Marco de Fundamentación Project Management Institute (PMI)

La gestión por proyectos se ha convertido en una poderosa manera de integrar las funciones de las organizaciones y motivar a los grupos para alcanzar mayores niveles de rendimiento y productividad [5]. El PMI define la dirección de proyectos como “la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo”, Brill la define como “el conocimiento, herramientas y técnicas para el control de requerimientos, configuración de un horario y alcance realista, definición de responsabilidades y gestión de expectativas” [6]. Del mismo modo Ibert plantea que una

dirección de proyectos sistemática consiste en métodos, herramientas y módulos. Esto se puede ver como la aplicación secuencial de procesos estructurados para el propósito de la institucionalización de prácticas estandarizadas. Utilizando un enfoque bien estructurado y bien implementado las capacidades pueden ser almacenadas y transferidas con el tiempo, espacio y contexto. Además, la dirección de proyectos puede hacer que las organizaciones sean menos vulnerables a la pérdida de conocimiento táctico almacenada en memorias individuales [7].

Del mismo modo el PMI define proyecto como “el esfuerzo que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” [4], también puede ser visto como un vehículo para poner en práctica la inversión de capital en un nuevo o un mejorado activo [8].

Existen varios enfoques sobre el ciclo de vida del proyecto en la literatura, por ejemplo, control orientado al modelo, calidad orientada al modelo, riesgo orientado al modelo, así como de algunos ciclos de vida de proyectos específicos de la empresa [9]. El número de fases dentro de cada uno de estos enfoques difiere, así como los nombres utilizados para describir las fases. Debido a la naturaleza compleja y diversidad del proyecto, industrias o empresas, incluso dentro de un mismo sector de la industria, no puede llegar a un acuerdo acerca de las fases del ciclo de vida de un proyecto [10].

El PMI define el ciclo de vida de un proyecto como la serie de fases por las que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su cierre. Las fases son generalmente secuenciales y sus nombres y números se determinan en función de las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones que participan en el proyecto, la naturaleza propia del proyecto y su área de aplicación. Las fases se pueden dividir por objetivos funcionales o parciales, resultados o entregables intermedios, hitos específicos dentro del alcance global del trabajo o disponibilidad financiera [4].

Los procesos varían en tamaño y complejidad. Todos los proyectos pueden configurarse dentro de la estructura genérica de ciclo de vida (ver figura 1):

- Inicio del proyecto,
- Organización y preparación,
- Ejecución del trabajo y
- Cierre del proyecto.



Fig. 1 Niveles típicos de costo y dotación personal en una estructura genérica de ciclo de vida del proyecto (tomado del PMBOK).

El PMI define proceso como un conjunto de acciones y actividades relacionadas entre sí, que se realizan para crear un producto, resultado o servicio predefinido. Cada proceso se caracteriza por sus entradas, por las herramientas y técnicas que se pueden aplicar y por las salidas que se obtienen. Los procesos de la dirección de proyectos aseguran que el proyecto avanza de manera eficaz a lo largo de su ciclo de vida. Estos procesos incluyen las herramientas y técnicas involucradas en la aplicación de las habilidades y capacidades de las respectivas áreas del conocimiento [4].

Un Área de Conocimiento representa un conjunto completo de conceptos, términos y actividades que conforman un ámbito profesional, un ámbito de la dirección de proyectos o un área de especialización. Según el PMBOK existen diez áreas de conocimiento que son: Gestión de la Integración del Proyecto, Gestión del Alcance del Proyecto, Gestión del Tiempo del Proyecto, Gestión de los Costos del Proyecto, Gestión de la Calidad del Proyecto, Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto, Gestión de las Comunicaciones del Proyecto, Gestión de los Riesgos del Proyecto, Gestión de las Adquisiciones del Proyecto y Gestión de los Interesados del Proyecto [4].

La figura 2 ilustra las diferentes herramientas utilizadas en la implementación del marco de la dirección de proyectos, de esta manera se ilustra un proyecto considerablemente estandarizado, para así disminuir su variabilidad.

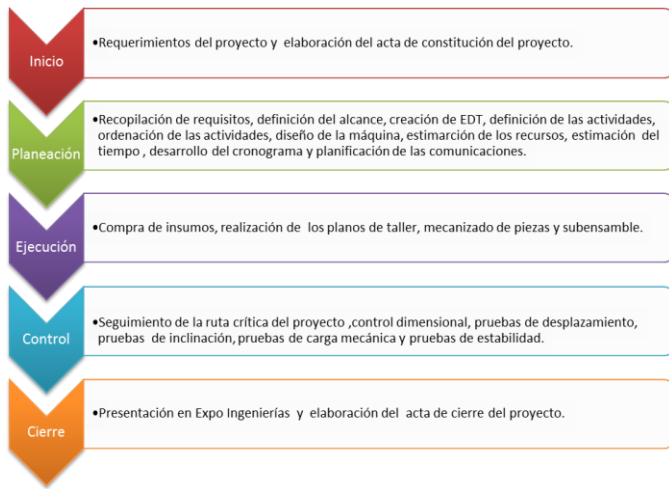


Fig. 2 Herramientas del marco de la dirección de proyectos.

II. CASO DE ESTUDIO: BANDA TRANSPORTADORA

Se presenta caso exitoso del proceso de fabricación de una banda transportadora para el transporte y análisis de procesos de producción en las instalaciones de la Universidad EAFIT. EL motor de 12V 1.3A, la fuente 24V y diferentes componentes pertenecientes al circuito eléctrico fueron suministrados por la Universidad.

A. Proceso de Inicio

El grupo de estudiantes que participaron en la fabricación de la banda transportadora estudiaron las necesidades de realizar una representación didáctica de un sistema de bandas transportadoras utilizadas en una planta de producción “X”. Dentro de los requisitos del proyecto más significativos previamente establecidos fueron: soportar una capacidad mínima para transportar de 2Kg en sentido longitudinal con una dimensión de 1000mm y 200mm de ancho, la altura de la banda se deberá encontrar entre 1500mm y 1515mm, a su vez la banda debe permitir el transporte de carga en ambas direcciones.

De esta manera se redactó el acta del proyecto que tenía como alcance: Lograr la construcción de una máquina con los materiales idóneos y con la posibilidad de movimiento en los ejes X, Y. La máquina será una banda transportadora funcional de 100x20cm con la intención de transportar objetos con un peso aproximado de 2Kg. Con esta máquina se pretende una vez fabricada colocarla a disposición de los estudiantes de Ingeniería de Producción en un laboratorio de simulación de planta.

También se estableció un periodo de realización del proyecto de 16 semanas, en las que al finalizar estas, los estudiantes deberían entregar toda la documentación referente al trabajo tales como, acta del proyecto, EDT del proyecto, diagrama de Gantt, planes de administración, adquisiciones, mitigación y contingencia, planos, cartas de proceso y manuales de seguridad, uso, ensamble de máquina y circuito eléctrico y bitácora del proyecto, todo esto a través de la

herramienta tecnológica de la universidad (EAFIT Interactiva) la que permitió gestionar los entregables en las fechas pactadas.

B. Proceso de Planeación

El primer paso en el proceso de planeación consistió en planificar la gestión del alcance a través de la recopilación de requisitos funcionales, no funcionales y técnicos. Posteriormente, se definió el alcance, desarrollando una descripción detallada del proyecto y del producto, especificando los límites del producto mediante la explicación de los requisitos recopilados que fueron incluidos y los que fueron excluidos en el alcance del proyecto.

Seguidamente se creó la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT), subdividiendo los entregables del proyecto en componentes más pequeños, proporcionando una visión estructurada de lo que se debía entregar. De esta manera se definieron las actividades necesarias para realizar cada uno de los entregables y se continuó secuenciando las actividades.

De esta forma se procedió al diseño de la máquina, realizando sus respectivas pruebas de resistencia y mecanizado a través de la herramienta tecnológica Solidworks, posteriormente se procedió a estimar los recursos, la duración y desarrollar el cronograma, dando como resultado el diagrama de Gantt (ver figura 3) a través del software Microsoft Project.

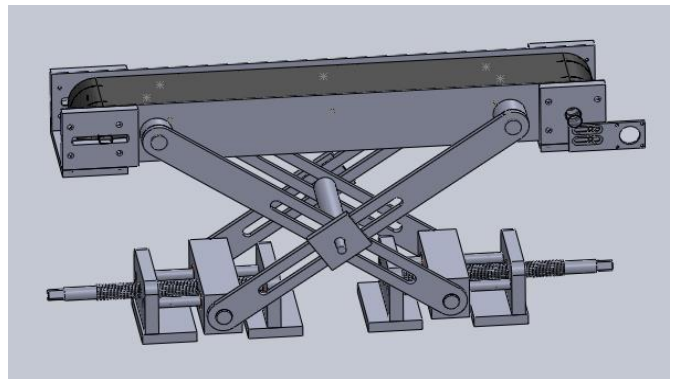


Fig. 3 Modelación 3D en Solidworks.

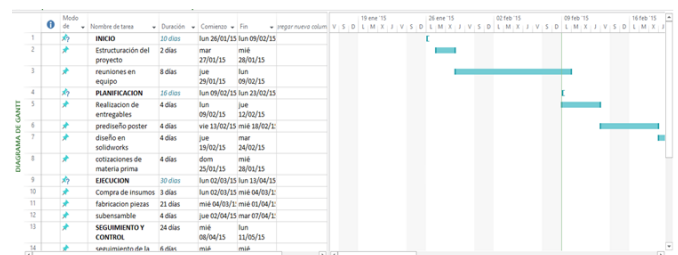


Fig. 4 Diagrama de Gantt.

C. Proceso de Ejecución

Con el plan de adquisiciones, que busca obtener los proveedores de mejor calidad y precio, ubicados estratégicamente en un lugar cercano al centro de trabajo y los materiales suministrados por la universidad, se procedió a la fabricación y ensamble de la banda iniciando con la realización de los planos de taller, los cuales contienen la información de mecanizado [11].

Luego se procedió al mecanizado de las piezas, la mayoría de estas fueron mecanizadas en los laboratorios de manufactura de la universidad para realizar así el ensamble estructural de la banda con el componente electrónico.

En la Figuras 5, 6 y 7 se observa el proceso de fabricación de la banda transportadora, las piezas fabricadas en los laboratorios, el proceso de ensamble y el acabado final de la banda transportadora.



Fig. 5 Proceso de Fabricación de la Banda Transportadora (1/3).



Fig. 6 Proceso de Fabricación de la Banda Transportadora (2/3).



Fig. 7 Proceso de Fabricación de la Banda Transportadora (3/3).

D. Proceso de Monitoreo y Control

La ruta crítica es la secuencia de actividades que representa el camino más largo a través de un proyecto y determina la menor duración posible del mismo [12], así se garantizó que esta secuencia de actividades se fuera realizadas dentro del cronograma pactado para evitar retrasos y reprocesos.

Adicionalmente los estudiantes continuaron con el procedimiento de monitoreo y control a través de diferentes pruebas. Para la banda se ejecutaron pruebas técnicas dimensionales, de desplazamiento, inclinación, carga mecánica, estabilidad y velocidad.

E. Proceso de Cierre

Finalmente, todas las bandas fabricadas fueron expuestas ante la comunidad universitaria y el público en general como se había planeado inicialmente (Figura 8 y 9). También se hizo entrega por parte de los estudiantes de los diferentes manuales para la correcta utilización de la máquina, como son el manual de uso (encendido-apagado, puesta en marcha, configuración del software Match 3), manual de ensamble de la máquina y manual de ensamble del circuito eléctrico y la bitácora del proyecto, permitiendo así documentación para futuros nuevos proyectos de este tipo. Finalmente se realizó el acta de cierre con la que se dio por concluido el proyecto.



Fig. 8 Exposición al Público (1/2).

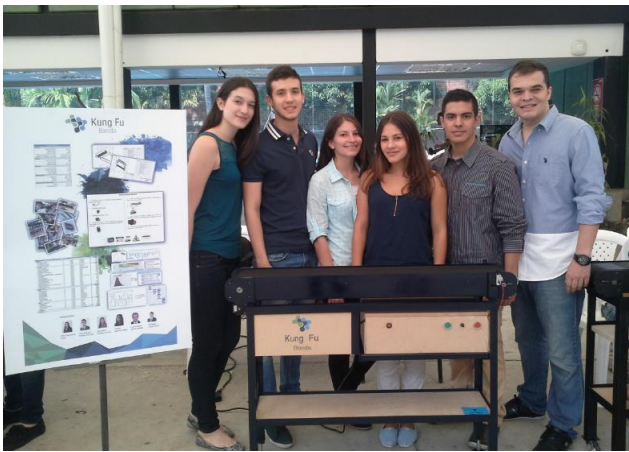


Fig. 9 Exposición al Público (2/2).

III. CONCLUSIONES

Con la fabricación de máquinas bajo el marco de fundamentación propuesto por el PMI, se pusieron en práctica conocimientos adquiridos durante la materia Proyecto de Elementos de Máquinas y Equipos y durante la carrera de Ingeniería de producción en general, como fundamentos de diseño mecánico, materiales, procesos de manufactura y automatización y circuitos.

La guía propuesta para este tipo de proyectos ha sido eficaz para guiar a los estudiantes a través de una exitosa gestión de fabricación de máquinas, fabricando una banda transportadora funcional logrando los objetivos previamente establecidos.

Se realizó una correcta fabricación de la banda transportadora, la cual cumplió con todos los requisitos funcionales y no funcionales establecidos desde el inicio del proyecto; alcanzando los objetivos estratégicos del proyecto dentro del alcance, tiempo y presupuesto designados.

Por lo tanto, la dirección futura podría ser un plan de investigación utilizando un software que permita un enfoque integrado, basado en la información integrado por las

personas, los procesos/prácticas, y la tecnología en todos los aspectos de la vida del producto, desde su diseño hasta la fabricación, distribución y mantenimiento. Que culmina con la remoción del producto del servicio y disposición final. Para la transferencia de la información del producto acerca de la pérdida de tiempo, energía y material a través de todos los involucrados del proyecto desde los proveedores hasta el usuario. Este proyecto podría ser la base para una línea importante de investigación futura en la gestión de proyectos que cumplan el alcance previamente pactado dentro del cronograma y los costos previstos.

REFERENCIAS

- [1] H. Tschaetsch, *Metal Forming Practise*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg
- [2] C. T. Papadopoulos, M. J. Vidalis, M.E. O'Kelly, and D & Spinellis, "Manufacturing Systems Types and Modeling," *Analysis and Design of Discrete Part Production Lines*, vol 31, pp 1-23, Mayo 2009.
- [3] R. Mejía Gutiérrez and G. Osorio Gómez, "Complejidad, Sostenibilidad y Tecnología: Un enfoque integrador para el desarrollo de proyectos académicos en ingeniería de diseño," Agosto 2001 [9th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology].
- [4] Project Management Institute. *Guía de los Fundamentos Para La Dirección de Proyectos*. Newtown Square, E.UU, 2013.
- [5] G. Fernandes, S. Ward, and M. Araújo, Improving and embedding project management practice in organisations - A qualitative study. *International Journal of Project Management*, vol. 33, pp. 1052–1067, 2015.
- [6] J.M. Brill, M.J. Bishop, and A.E. Walker, The Competencies and Characteristics Required of an Effective Project Manager: A Web-Based Delphi Study. *Educational Technology Research and Development*, vol. 54, pp. 115-140, 2006.
- [7] O. Ibert, Projects and firms as discordant complements: organisational learning in the Munich software ecology. *Research Policy*, vol. 33, pp. 1529-1546, 2004.
- [8] C. Labuschagne, and A.C. Brent, Sustainable Project Life Cycle Management: the need to integrate life cycles in the manufacturing sector. *International Journal of Project Management*, vol. 23, no. 2, pp. 159-168. Febrero 2005.
- [9] P. Bonnal, D. Gourc, and G. Lacoste, The life cycle of technical projects. *Project Management Journal*, pp. 12-19, 2002.
- [10] H.R. Kerzner, *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. New York, 2001.
- [11] C.F. You and S.S. Yang, Automatic feature recognition from engineering drawings. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol.14, pp. 495-507, Julio 1998.
- [12] T.G. Lechler, B. Ronen, and E.A. Stohr, Critical Chain: A New Project Management Paradigm or Old Wine in New Bottles? *Engineering Management Journal*, pp. 45-58, 2005.