



INGENIERÍA CONCURRENTENTE EN EL DESARROLLO DE UN PROYECTO TECNOLÓGICO A PARTIR DE UN SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN

CONCURRENT ENGINEERING APPLIED TO THE DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGICAL PROJECT IN A RESEARCH WORKSHOP

*John Janner Ortiz*¹, *John Alexander Taborda*²

RESUMEN: En este trabajo se propone la implementación de la filosofía de trabajo de la Ingeniería Concurrente (IC) en un Semillero de Investigación con el objetivo de desarrollar un proyecto tecnológico en un menor tiempo, con un menor costo y con mejores especificaciones de calidad. Los principios de convergencia, simultaneidad o concurrencia de la información permiten optimizar los tiempos de ejecución de un proyecto, que para el contexto de los semilleros de investigación es un factor determinante. Se ha logrado determinar que muchos de los proyectos iniciados en los semilleros quedan inconclusos por los dilatados tiempos de ejecución. Para ilustrar la propuesta, se ilustra la prueba piloto del modelo de gestión IC en un semillero de investigación conformado por estudiantes de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica que está interesado en realizar un proyecto en domótica.

Palabras clave: Ingeniería concurrente, semillero de investigación, gestión del conocimiento, trabajo colaborativo.

ABSTRACT: This paper proposes the implementation of the working philosophy denominated Concurrent Engineering (CE) in a Research Workshop in order to develop a technology project in less time, with lower cost and with better quality specifications. The principles of convergence, simultaneity or concurrence of the information allow the optimization of execution time of the project. This fact is very important factor in research workshops. Many projects initiated in research workshops cannot be finished due to the lingering times of execution. The proposal is illustrated with the knowledge management of an automatization project in a research workshop conformed by students of Electric and Electronic Engineering where collaborative work is essential.

Keywords: Concurrent engineering, research workshop, knowledge management, collaborative work.

1. INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Concurrente (IC) puede ser vista como una filosofía de trabajo que permite integrar de forma sistemática todos los elementos involucrados en el ciclo de vida de un producto, desde la concepción inicial hasta su disposición final. Este modelo de trabajo apareció en 1980 en el Japón y a la fecha ha sido retomado en numerosos desarrollos tecnológicos con excelentes resultados [1].

En este trabajo se propone implementar la filosofía de trabajo IC en un nuevo contexto, el de un Semillero de Investigación. El objetivo principal de involucrar el modelo IC a un Semillero de Investigación es

optimizar los tiempos de ejecución de los proyectos de investigación ya que se ha logrado determinar que muchos de los proyectos iniciados en los semilleros quedan inconclusos por los dilatados tiempos de ejecución.

Aunque los semilleros de investigación sean espacios principalmente académicos, desligados de las presiones y afanes del mundo empresarial, es importante hacer una mejor gestión del conocimiento para obtener resultados concretos al interior de grupos de trabajo multidisciplinarios.

¹ Ingeniero Electrónico de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. jjortizc@unal.edu.co

² Profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Magdalena, Santa Marta jataborda@unimagdalena.edu.co.

Como caso de estudio se presenta la implementación del modelo de gestión IC en un semillero de investigación de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, conformado por estudiantes de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica. Estas dos carreras aunque pueden ser consideradas afines, involucran competencias específicas particulares que se deben complementar adecuadamente en un ambiente de trabajo colaborativo para desarrollar un proyecto tecnológico en un menor tiempo, con un menor costo y con mejores especificaciones de calidad.

En primera instancia, se deben asignar las funciones de cada integrante del semillero de tal manera que se complementen las competencias de cada tipo de ingeniero. Posteriormente, se deben establecer las reglas básicas de comunicación e interacción entre los subgrupos de trabajo con el fin de hacer una adecuada gestión del conocimiento y de la información del proyecto para lograr una interacción más eficiente entre los integrantes del equipo de trabajo.

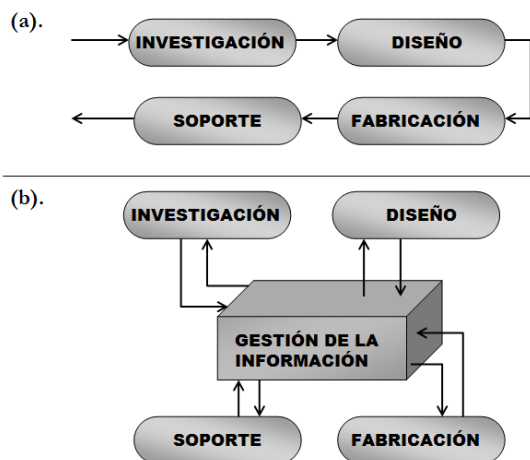


Figura 1. Modelos de ciclo de vida del producto (a) tradicional, (b) concurrente.

En nuestro caso de estudio ilustrativo, los estudiantes de ingeniería están interesados en formular, gestionar y desarrollar un proyecto en domótica que busca optimizar los consumos de energía eléctrica y agua en una residencia. Esta iniciativa ya había sido explorada en anteriores ocasiones al interior del semillero, pero los resultados no fueron muy satisfactorios, debidos a los dilatados tiempos de ejecución y a los problemas inherentes a la gestión del conocimiento. Finalmente, el diseño concurrente del proyecto es contrastado con el diseño tradicional, para mostrar los beneficios del

modelo de ingeniería concurrente en cuanto a requerimientos de tiempo, costos y calidad.

Este artículo está organizado de la siguiente forma. En la Sección 2 se explican detalladamente los conceptos, modelos y objetivos globales que se persiguen con la implementación de la IC en un semillero de investigación. El caso de estudio donde se prueba el modelo IC en un proyecto de domótica al interior de un semillero es explicado en la Sección 3. Finalmente, las conclusiones del artículo y el trabajo futuro se discuten en la Sección 4.

2. INGENIERÍA CONCURRENTENTE

Una organización flexible y bien estructurada es el principio básico de funcionamiento de un sistema de trabajo bajo el modelo de ingeniería concurrente (IC). Un proyecto tecnológico basado en el modelo IC debe integrar sistemáticamente y en forma simultánea todas las etapas del proyecto, por ejemplo, usando computadores en redes o usando bases de datos [2].

En la figura 1 se presentan los diagramas de bloques de un modelo tradicional de un ciclo de vida de un producto y de un modelo concurrente del mismo. La convergencia, simultaneidad o concurrencia de la información solo es posible mediante la implementación de un eficiente sistema de información [3].

Sin embargo, el mejor sistema de gestión de la información no es suficiente para garantizar el éxito del proyecto. Se requiere de un compromiso firme de todos los integrantes del equipo de trabajo en utilizar de forma adecuada y responsable los canales de comunicación con sus respectivos protocolos. Ninguna de las tareas del proyecto puede ser considerada como unipersonal, todas deben ser consideradas como tareas de equipo. Bajo esta premisa, pueden existir tareas donde el responsable directo sea una sola persona, sin embargo, los protocolos de gestión de la información hacen que los resultados de esa tarea puedan ser consultados por lo demás integrantes, por lo tanto, ante un eventual error, todos tienen la posibilidad y la

responsabilidad de monitorear, detectar y controlar cualquier eventualidad que se genere en la ejecución del proyecto.

El modelo de IC ha sido utilizado con éxito en numerosas empresas de desarrollo tecnológico, con excelentes resultados. De acuerdo con las experiencias reportadas por los empresarios, el sistema IC ha permitido diseñar productos funcionales y estéticamente agradables en un plazo de lanzamiento lo más corto posible, con el mínimo coste, con el objetivo de mejorar la calidad de vida del usuario final [4].

Los objetivos globales que se persiguen con la implementación de la IC son [1,5]:

- Acortar los tiempos de desarrollo de los productos, todo esto es facilitado por la utilización de sistemas de simulación
- Elevar la productividad.
- Aumentar la flexibilidad.
- Mejor utilización de los recursos.
- Productos de alta calidad.

Mediante este artículo se propone trasladar a un espacio académico la filosofía de trabajo de la ingeniería concurrente, persiguiendo los siguientes objetivos:

- Acortar los tiempos de ejecución de los proyectos realizados al interior de un semillero de investigación.
- Elevar la productividad del semillero de investigación.
- Aumentar la flexibilidad en la gestión de proyectos al interior del semillero.
- Utilizar de forma más eficiente los recursos del semillero, tanto los materiales como los humanos.
- Complementar las competencias específicas de cada integrante en un grupo multidisciplinario.
- Desarrollar productos tangibles y visibles al interior de los semilleros de investigación.

Los objetivos análogos que busca esta iniciativa, solo podrán validarse en la práctica, implementando el modelo IC al interior de un semillero de investigación. A medida que se vayan realizando proyectos dentro de los semilleros bajo la filosofía IC, se podrá determinar si efectivamente un modelo exitoso en el ámbito empresarial puede ser igualmente exitoso en el ámbito

académico.

Muchos de los proyectos iniciados en los semilleros quedan inconclusos por los dilatados tiempos de ejecución. La sistematización del modelo de ingeniería concurrente puede hacer mucho más para reducir estas limitaciones en el tiempo:

- Puede acelerar tareas haciendo la información instantáneamente disponible cuando se necesita.
- Puede soportar tareas de administración concurrente
- Permite a miembros de equipos autorizados acceder a toda la información relevante, todo el tiempo, con la seguridad de que esta siempre será la última versión.

Aunque en el mundo académico no existen las presiones en cuanto a tiempo, costo y calidad, es importante mejorar la competitividad y los resultados obtenidos al interior de las universidades. De lo contrario, ningún producto tecnológico que inicie en un ámbito académico podrá competir con soluciones existentes en el mercado.

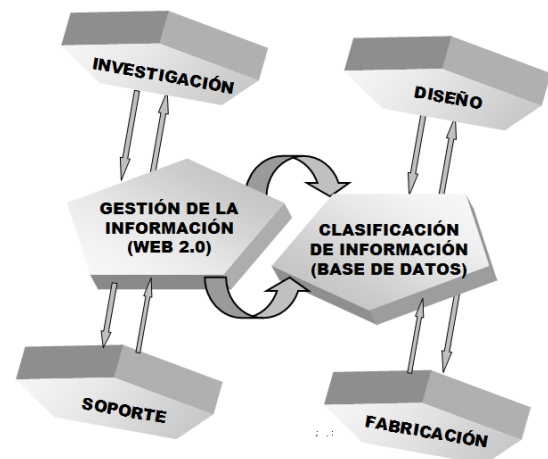


Figura 2. Modelos de Ingeniería Concurrente implementado en el semillero de investigación.

La innovación académica puede producirse en todas las dimensiones -producto, proceso y organización- para mejorar los resultados de los proyectos. El más importante activo de una universidad es el capital intelectual de sus profesores y estudiantes. Gestionar adecuadamente el conocimiento, capacidades y

competencias de cada persona es la clave para competir con productos innovadores [6,7]. La ingeniería concurrente surge como una opción de gestión de la información y del conocimiento de los proyectos tecnológicos ideados, formulados y ejecutados al interior de las universidades.

En la próxima sección explicamos los detalles de una prueba piloto realizada en la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.

3. CASO DE ESTUDIO: INGENIERÍA CONCURRENTE EN UN SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN

Dentro del semillero de investigación se ha decidido crear plataformas de desarrollo de bajo costo para IC aprovechando la infraestructura desarrollada en los últimos años para Internet [8,9]. El desarrollo reciente de tecnologías de la información como la herramientas web 2.0, chats, blogs, wikis, etc, permite crear nuevas aplicaciones para explotar mejor la filosofía de la ingeniería concurrente. En la figura 2, se ilustra el modelo de IC implementado en el semillero de investigación de la Universidad Nacional de Colombia.

La gestión de la información se hace en línea gracias a las herramientas web 2.0, mientras que la clasificación de la información se hace fuera de línea, por medio de bases de datos. Posteriormente, la información que fue depurada se pone a consideración de los integrantes en reuniones presenciales y/o virtuales. En esta primera prueba del modelo IC, no se contaba con el presupuesto requerido para implementar una plataforma IC de las existentes en el mercado, por lo cual se hizo uso de los ambientes de trabajo colaborativos de libre acceso que tiene la *Web* [10,11].

Se planea un proyecto empresarial formado por ingenieros eléctricos y electrónicos para la comercialización, venta e instalación de equipos y sistemas avanzados de automatización, regulación y control industrial de los servicios de agua y energía.

El propósito es hacer llegar al mercado novedades técnicas que ayuden con el ahorro de energía y agua, ya sea con equipos y dispositivos que contribuyan a un menor consumo en los servicios para nuevas instalaciones, o bien a aumentar la eficiencia energética de las instalaciones ya existentes.

Existen nuevas tecnologías para reducir el consumo de agua y energía eléctrica y su implementación no es muy compleja, debido a la facilidad de instalación y su fácil funcionamiento. Existen varias alternativas para que el cliente determine cual se adecua más a sus necesidades.

- Alcance del proyecto

Mostrar la visión que se tiene con la realización del proyecto, sus beneficios para los usuarios y la implementación que se puede desarrollar en el mercado.

La idea es reducir el consumo de agua y electricidad en los hogares, obteniendo el cliente un beneficio directo como una disminución en el cobro de su factura y beneficios secundarios como una reducción en el consumo de los recursos del planeta, menor contaminación al generar electricidad y la satisfacción de saber que se hace algo por contribuir a con el planeta.

- Perspectiva general del proyecto.

El proyecto surge por la necesidad de regular el consumo de agua de forma eficiente dado las nuevas normas del medio ambiente referentes al uso de este servicio en Colombia, se encuentra una necesidad de cómo disminuir el consumo de agua sin dejar nuestro modo de vida habitual y a la vez ayudar a regular el efecto que causa las aguas residuales en el planeta. Esto se logra con tecnologías más eficientes en el consumo de los servicios, solo hace falta quien implemente estas tecnologías y enseñe a utilizarlas, mostrando los beneficios que trae para el bolsillo de los usuarios.

- Vigilancia tecnológica del proyecto

Consiste en realizar de manera sistemática la captura, análisis, difusión y explotación de las informaciones técnicas útiles para la supervivencia y el crecimiento de la empresa. Debe alertar sobre toda innovación científica o técnica susceptible de crear oportunidades o amenazas.

Es fundamental en la vigilancia el determinar las fuentes de información más adecuadas, los recursos humanos y económicos y determinar el momento adecuado de utilización de esta información y documentación.

Nuestro proyecto requiere estar bien orientado e informado de todo lo relacionado al control residencial de iluminación, por tal motivo es de gran interés investigar y buscar por medios como la internet toda información relevante que alerta de las nuevas tecnologías que se están utilizando en la actualidad, importantes para el éxito de nuestro producto.

- Gestión del conocimiento

En el desarrollo del proyecto se busca complementar de la mejor manera las aptitudes de los ingenieros eléctricos y electrónicos de la siguiente manera, en el desarrollo de un dispositivo que ayude a mejorar la calidad de la corriente eléctrica y de esta manera buscar reducir el consumo de energía eliminando los picos que se presentan en la red eléctrica.

Podemos utilizar el conocimiento de los ingenieros eléctricos para el desarrollo de este dispositivo, la idea también es elaborar un sistema por medio de sensores y otros dispositivos electrónicos que ayude administrar la energía que se consume en las viviendas, ej: registrar la intensidad de luz que entra por las ventanas y de esta manera controlar el encendido de las luces de la casa y su intensidad, también registrar los vatios que consume algunos electrodomésticos para que el cliente pueda inventar formas de reducir su consumo y nosotros podamos crear estrategias para reducir la energía que se consume en la casa.

Los ingenieros electrónicos estarían encargados de la adquisición de los sensores y demás dispositivos electrónicos del sistema con el fin de obtener los más eficientes, de alta calidad y un precio moderado. También se encargarían de la elaboración de un software que controle el sistema que se implementara y de manera conjunta con los ingenieros eléctricos se elaboraría los planos del sistema que se implementaría.

- Importancia del tipo de ingeniero y competencias específicas

La contribución más importante de los ingenieros eléctricos es en la elaboración del dispositivo que nos

permita incrementar la calidad de la corriente eléctrica y de los ingenieros electrónicos es la elaboración del software que controlara el sistema y la responsabilidad de obtener los sensores y dispositivos adecuados que se utilizaran en un sistema para el control residencial de energía.

Los ingenieros eléctricos ayudarían en la elaboración de los planos del sistema que se desee implementar, debido a su experiencia en la elaboración de planos de redes eléctricas en edificios y el conocimiento de las normas que se deben seguir. Por otro lado el ingeniero eléctrico se dedicaría al control del sistema debido a sus conocimientos en automatización y control.

- Ventajas de trabajar en grupo, y de complementar competencias en cuanto a Tiempo, Calidad, Costos, Riesgos, etc.

Se evidencia una reducción en el tiempo debido a que cada ingeniero domina un campo donde el otro no es muy sobresaliente, entonces se enfocan en la parte del proyecto donde son de más utilidad y no se necesita de un tiempo en el que cada ingeniero busque información y se capacite en temas que no son de su total dominio y gracias a esto hay una garantía de mayor calidad porque es muy diferente que alguien realice un trabajo mientras adquiere destreza en su elaboración a que alguien lo realice con la destreza y la capacidad profesional para desarrollarlo, disminuyendo los riesgos de alguna equivocación en alguien que no es muy experto en la elaboración de un trabajo, al contrario de una persona que tenga todas la aptitudes necesarias además que hay una supervisión mutua en el trabajo que realiza un ingeniero electricista como al que realiza un ingeniero electrónico.

En la fase de planificación del proyecto se han alcanzado reducciones significativas en el tiempo y costo del proyecto, sin menoscabar la calidad del mismo. Después de una fase de adaptación al sistema IC, cada integrante del semillero de investigación estuvo más activo e involucrado en cada fase del proyecto. Se

espera continuar con esta prueba piloto para seguir documentando los resultados que se obtengan.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

- El modelo de Ingeniería Concurrente (IC) puede ser aplicado al contexto de los Semilleros de Investigación para optimizar los tiempos de ejecución de los proyectos que se inicien al interior de ellos.
- La gestión del conocimiento y del trabajo colaborativa que implica el modelo IC puede ser realizado a través de las herramientas *Web 2.0*, como chats, blogs o wikis.
- Se deben realizar otras pruebas del modelo propuesto, en otras universidades y con otros grupos de trabajo interdisciplinarios para depurar el modelo IC y obtener mejores resultados. En la Universidad del Magdalena, se pretende realizar otra prueba del modelo IC al interior de un semillero de investigación de la Facultad de Ingeniería.

5. REFERENCIAS

- [1] Sepulveda S. Juan, "Métodos y aplicaciones de ingeniería concurrente: proposición de investigación y desarrollo", Santiago, universidad de Santiago, Chile, 1994.
- [2] Oportus S. Claudio, "Fundamentos teóricos y diseño de una estrategia para la implementación de la ingeniería concurrente modelo de aplicación para la industria nacional", Santiago, universidad de Santiago, Chile, 1995.
- [3] Balamuralikrishna Radha, Athinarayanan Ragu, Song Xueshu, The Relevance of Concurrent Engineering in Industrial Technology Programs, *Journal of Industrial Technology*, Vol 16, No. 3, 2000.
- [4] Gutiérrez M., Grijalvo M. , Prida B. La Ingeniería Concurrente en la Industria Aeroespacial. Nuevas Necesidades de Flexibilidad e Integración en los Sistemas de Planificación y Control de Producción, II Conferencia de Ingeniería de Organización, Vigo, 5-6 Septiembre 2002.
- [5] Zhou J., Carmi S., Lau A., Koulas S. Concurrent Engineering Concepts Applied to Concurrent Education and Research, Proceedings of Third ISPE International Conference on Concurrent Engineering, Research and Applications (CE96/ISPE) in the University of Toronto, Ontario, Canada, August 26-28, 1996.
- [6] Luna Amaya C., Un enfoque para reducir los tiempos de entrega, mejorar la calidad y disminuir los costos. Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte. 5: 80-91, 1999.
- [7] García Flores R., Ingeniería concurrente y tecnologías de la información, Ingenierías, Vol. VII, No. 22, Enero-Marzo 2004.
- [8] Luna Amaya C., Mendoza Bayuelo A.C., Metodología para mejorar la ingeniería de Producto/Proceso basada en Ingeniería Concurrente, Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte. 16: 59-69, 2004.
- [9] Trujillo Cabezas R., Ptolomeo, una experiencia de formación en investigación para impulsar la inclusión social de nuestros jóvenes, *STUDIOSITAS* 1(2): 23 – 33, 2006.
- [10] Gonzalez Ortiz J., Semilleros de Investigación: una estrategia formativa, *Psychologia: avances de la disciplina*. Vol. 2. N.º 2.: 185-190, julio-diciembre de 2008.
- [11] Hernández U., Propuesta Curricular para la consolidación de los Semilleros de Investigación como espacios de Formación Temprana en Investigación. En: Revista *ieRed: Revista Electrónica de la Red de Investigación Educativa* [en línea]. Vol.1, No.2, Enero-Junio de 2005.