



Universidad de las Ciencias Informáticas

**Tesis en opción al Título Académico de Máster en Calidad
de Software**

**Método de Estimación para los proyectos de
desarrollo de Software de la UCI.**

Autor: Ing. Dayami Rodríguez Brito.

Tutor: Dr. Ailyn Febles Estrada

Ciudad de la Habana, 2 de mayo del 2012

“Año 53 de la Revolución”

Declaración de Autoría

Declaro que soy la única autora del presente trabajo. Autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) para hacer el uso que estimen pertinente con este trabajo.

Para constancia firmo la presente a los 2 días del mes de mayo del 2012.

Ing. Dayami Rodríguez Brito

Autora

Dr. Ailyn Febles Estrada

Tutora

“La mayoría de las veces el éxito depende de saber cuánto se ha de tardar en lograrlo”.

Charles Louis de Secondat

A mi esposo, mi amor infinito...

Agradecimientos

A mi esposo Miguel Ángel, mi amor infinito y motor impulsor, por su apoyo incondicional, por saber hacer de mí una mejor persona y profesional, por todo el amor del mundo que me brinda cada día. Gracias por existir

A mi tutora Ailyn, por su certeza en cada crítica, por acogerme y guiar mis pasos y ayudar a convertirme en una mejor profesional. Gracias

A Yaimi y Ramsés por cada criterio valioso que ayudó a perfeccionar mis resultados. Gracias

A mis padres (Estrella y Orlando) y hermano (Yanko) por entender mi ausencia, ser pacientes e inspirarme a brindarles un motivo más de orgullo. Gracias

A mis suegros (Elena y Paco) y Celita por su apoyo y el cariño que me han brindado como si fuese una hija más.

A mis diplomantes Danelys y Alejandro por los buenos resultados que apoyaron este trabajo. Gracias

A mis amigas, amigos y compañeros de trabajo por estar siempre pendientes. Gracias

Abstract

Planning in the world of software industry, has become one of the main challenges for project management and a key activity for developing high quality software. It is considered essential for planning, implementation of good methods of estimation, by the growing influence on the precise control, predictable and repeated on production processes and software products.

At the University of Informatics Sciences (UCI) since its inception was created to estimate, an Estimation Method based on expert opinion with some experience. The method was applied since 2002 and in 2007 a theoretical analysis is performed where it was found that the method had deficiencies, it was cumbersome process feedback information and the factors affecting the estimates did not take into account.

This work is based on the design and implementation of an Estimation Method that helps minimize significant deviations between estimates and actual results of size and time of software development projects from the UCI.

It develops a Estimation Method that automates the Estimate and Check thread project, defined within the Process Area (PA) based Project Planning in CMMI-DEV model (Capability Maturity Model Integration for Development) and subject to validation the implementation of the thread is created for estimating indicators at the organizational level within the AP Measurement and Analysis, which helps maintain a constant feedback.

The research part of the problem situation, outlining the scientific problem and the main objective, requires a research design which leads to the development of the proposal based on the necessary concepts, and concludes with an assessment of the implementation of the same from demonstrating a successful pilot.

Keywords: estimation, measurement, metrics, planning, process.

Resumen

La planificación, en el mundo de la Industria del Software, se ha convertido en uno de los principales retos para la gestión de proyectos y una actividad fundamental para desarrollar software de alta calidad. Se considera imprescindible para planificar, la aplicación de buenos métodos de estimación, por la creciente influencia que ejercen en el control preciso, predecible y repetido sobre los procesos de producción y los productos de software.

En la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) desde sus comienzos se creó para estimar, un Método de Estimación basado en la opinión de expertos con cierto grado de experiencia. El método fue aplicado desde el año 2002 y en el año 2007 se realiza un análisis teórico práctico donde se identificó que el método presentaba deficiencias, se hacía engorroso el proceso de retroalimentación de la información y los factores que afectan las estimaciones no se tenían en cuenta.

El presente trabajo se basa fundamentalmente en el diseño e implantación de un Método de Estimación que ayude a minimizar las desviaciones significativas entre las estimaciones y los resultados reales de tamaño y tiempo de los proyectos de desarrollo de software de la UCI.

Se elabora un Método de Estimación que automatiza el subproceso de Estimar y Consultar proyecto, definido dentro del Área de Proceso (AP) de Planeación de Proyecto basado en el Modelo calidad CMMI-DEV (Capability Maturity Model Integration for Development) y en función de validar la implantación del mismo se crea un subproceso para obtener indicadores de estimación a nivel organizacional dentro del AP de Medición y Análisis, que ayuda a mantener una constante retroalimentación.

Esta investigación parte de la situación problemática, delimitando el problema científico y el objetivo principal, precisa un diseño de investigación el cual conduce a la elaboración de la propuesta fundamentada por los conceptos necesarios, y concluye con la valoración de la ejecución de la misma a partir de un pilotaje que demuestra resultados satisfactorios.

Palabras claves: estimación, medición, métrica, planificación, proceso.

Índice

Introducción	4
Capítulo 1: Planificación de proyectos de desarrollo de software.....	10
1.1 La estimación en la Gestión de Proyectos.	11
1.2 Factores que repercuten en la incertidumbre de las estimaciones.....	16
1.3 Tipos de estimaciones.....	17
1.4 Métodos de Estimación.	18
1.5 Sistema de Gestión de Información: sistemas de estimaciones.....	22
1.6 Análisis del Método de Estimación aplicado en la UCI desde el año 2002- 2008	25
1.7 ¿Cómo organizar la planificación y estimación? Modelo Integrado de Capacidad y Madurez para el Desarrollo (CMMI-DEV) v1.2.	27
Conclusiones Parciales.....	31
Capítulo 2: Diseño e implementación del Método de Estimación para los proyectos de desarrollo de software de la UCI.....	32
2.1 Diseño del Método de Estimación: Métricas definidas.	32
2.2 Factores de Complejidad que influyen en las métricas	36
2.3 Metodología seleccionada para implementar la Herramienta para el Método de Estimación	42
2.4 Diseño e implementación	42
2.4.1Características del Diseño	42
2.4.2 Estructura de la aplicación.....	43
2.4.3 Modelo de Datos.....	45
2.5 Herramienta del Método de Estimación	46
2.5.1 Datos de Entrada en la Herramienta del Método de Estimación:	49
2.5.2 Datos de Salida en la Herramienta del Método de Estimación (Ver Figura 11):	50
2.6 Vinculación del método de Estimación en el Programa de Mejora en la UCI	51
2.6.1 Área de Proceso de Planificación de Proyectos: subproceso Estimar y Consultar proyectos.....	52
2.6.2 Área de Proceso de Medición y Análisis: subproceso de Obtención de indicadores de estimación a nivel organizacional.....	53

2.7 Lo novedoso y referenciado de otros métodos en el Método de Estimación.	54
Conclusiones Parciales	56
Capítulo 3: Implantación y validación del Método de Estimación para los proyectos de desarrollo de software de la UCI.....	57
3.1 Indicadores de Estimación.....	57
3.2 Validación del Método de Estimación mediante un piloto	59
3.2.1 Diseño del piloto.	59
3.3 Cumplimiento de las actividades para la ejecución del piloto.	60
3.4 Validación de la efectividad de la Herramienta del Método de Estimación.....	64
3.4.1 Análisis del Indicador: Seguimiento al tiempo (porciento) Estimado y Real por actividades de los proyectos basados en CU.....	65
3.4.2 Análisis del Indicador: Seguimiento al Tamaño Estimado y Real por actividades de los proyectos basados en CU.	66
3.4.3 Análisis del Indicador: Tendencia de Tiempo (horas) de implementación de un CU según la complejidad.	67
3.5 Evaluación del Método de Estimación: precisión de las estimaciones y calidad de predicción	67
3.6 Análisis comparativo	70
3.7 Lecciones aprendidas del Piloto.....	71
3.8 Conclusiones parciales.....	72
Conclusiones.....	73
Recomendaciones.....	74
Bibliografía Referenciada	75
Anexo 1: Evaluación de la precisión en los proyectos piloto para el año 2010	78
Anexo 2: Indicadores de Estimación	79
Anexo 3: Descripción gráfica y textual: Subproceso Estimar y Consultar Proyectos	84
Anexo 4: Descripción gráfica y textual: Subproceso Obtener Indicadores de Estimación a nivel organizacional (23)	89
Anexo 5 Módulo Administración de la Herramienta del Método de Estimación	92

Introducción

Actualmente en este mundo tan competitivo, la Industria del Software ocupa uno de los lugares principales en el desarrollo del mercado, considerado por la alta capacidad y rentabilidad ya calculada en trillones de dólares generados anualmente.

Este lugar se viene alcanzando con el esfuerzo constante de las empresas en ejecutar proyectos lo más exitosos posibles, lo cual ha representado una meta difícil de alcanzar, ya que aún se percibe la necesidad de mejoras continuas sobre todo en las áreas de gestión.

La gestión adecuada de un proyecto, requiere conocer los aspectos relacionados con la formulación apropiada, las áreas y herramientas disponibles para su administración y los aspectos del entorno que determinan los resultados obtenidos en la ejecución del mismo. Sin embargo, existen estudios de importantes firmas que muestran que un gran porcentaje de los proyectos informáticos fracasan a pesar de que supuestamente estaban bien planeados y diseñados.(1)

Según estadísticas que publicó el ¹Standish Group acerca de un estudio desarrollado a diferentes empresas desarrolladoras de software desde el año 2003 al 2010, uno de los factores de fracaso en proyectos de desarrollo de software está dado por el “sobrecosto” en el que incurren grandes compañías en sus proyectos, representando el 178%, mientras que para las medianas y las pequeñas es del 182% y 214% respectivamente (2)(3). Otro de los factores de fracaso está dado por los “Atrasos en cronogramas”, con estadísticas que oscilan entre el 202%, 230% y 239% respectivamente. Un estudio más profundo desde el año 2004 ha mostrado avances en el cual el 30% (3) ya representan los proyectos exitosos, pero aún el 70%, o sea la mayoría continúan fracasando y es precisamente debido a los factores de fracaso identificados, los cuales han mantenido una posición sostenida en el transcurso del tiempo.(4)(5)(6)

En Cuba, las empresas nacionales se empeñan cada vez más en mejorar la calidad de los productos de software que se desarrollan, a pesar de que no todos los proyectos optan por seguir modelos o procesos con resultados demostrados y se lanzan empíricamente a predecir y desarrollar los proyectos concentrándose preferentemente en la codificación o etapa de implementación, la cual representa actualmente un 40% (7) del

¹Standish Group: grupo creado en el año 1985 con la visión de obtener información de los proyectos fallidos y con el objetivo de encontrar y combatir las causas de los fracasos.

tiempo total, pero que alcanza realmente a cubrir y pasarse según las estadísticas al 60% restante, destinadas a las otras actividades no menos importantes, provocando escandalosas cifras de diferencias entre las estimaciones y los resultados reales.

La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), ha sido creada bajo el nuevo concepto de Universidad productiva. Una de sus misiones es la producción de software y servicios informáticos a partir de la vinculación estudio-trabajo como modelo de formación, logrando una fuerte relación Universidad-Empresa. Esta Universidad que convierte a la producción en sustento económico, político y social; es productora de grandes soluciones informáticas y está comprometida a ser la vanguardia del desarrollo de las empresas de software en Cuba, llevando la informatización a todos los sectores de la sociedad, de manera tal que convierta a la Industria de Software en un renglón fundamental de la economía del país. No obstante, la UCI no queda excluida de todos estos detalles y dentro de las mejoras en las que ha estado trabajando desde su fundación se acrecienta el área de la Gestión de Proyectos.

Dentro de la Gestión de Proyectos es útil para evitar que los líderes asuman un riesgo significativo en el establecimiento y cumplimiento de los compromisos; a través de la identificación y corrección de problemas a tiempo, el seguimiento de los objetivos específicos del proyecto, la estimación y planificación adecuada, entre otros factores. (8). Cabe destacar la importancia que el Standish Group le ha conferido históricamente a la actividad de planeación entre los 11 factores de éxito de proyectos de desarrollo de software, ocupando el cuarto lugar con un 9.6%. (6)(3)

Varias definiciones representan la estimación, como el proceso que proporciona un valor a un conjunto de variables para la realización de un trabajo, dentro de un rango aceptable de tolerancia.(9) Otros un poco más sencillos, como el conjunto aproximado de valores para algo que ha de ser hecho.(7). La planificación, como el procedimiento mediante el cual se seleccionan, ordenan y diseñan las acciones para el logro de determinados propósitos, procurando una utilización racional de los recursos disponibles (10)(11), la actividad que comprende la formulación de lo que hay que realizar para obtener una finalidad que será precisamente la del proyecto (Decidir + Hacer).Control: Es inspección, fiscalización, intervención. Esta actividad no se centra solamente en realizar planes, sino controlar su ejecución y puesta en práctica.

El objetivo fundamental de la planificación de proyectos de software, es proporcionar un marco de trabajo, que permita hacer estimaciones razonables de los recursos y una planificación temporal. Estas estimaciones se hacen dentro de un marco de tiempo

limitado al comienzo de un proyecto de software, y deberían actualizarse regularmente a medida que progresa el proyecto. Además las estimaciones deberán definir los escenarios del mejor y peor caso, de modo que los resultados del proyecto sean los más verídicos posibles, teniendo una visión al futuro y aceptando cierto grado de incertidumbre. Al estimar, no solo se toman en cuenta los recursos, tiempo y tamaño, sino también el proceso técnico utilizado.

El mal manejo de las estimaciones puede ocasionar un impacto negativo en el proceso de desarrollo de software, lo que implica un desbalance proporcional en los tiempos de producción planificados y reales, así como la poca calidad de un producto, lo cual sería perjudicial para el prestigio de la organización. La fuente para la realización de las estimaciones en los proyectos son los métodos de estimación, definidos como el conjunto de operaciones ordenadas (12) que se encargan de definir cómo las mediciones son estimadas con una visión al futuro y cierto grado de incertidumbre.(9)

Las situaciones inesperadas pueden marcar la diferencia entre un proyecto exitoso y uno fallido. Es por eso que al momento de iniciar el proyecto de software se deben administrar los riesgos, de modo que esté bien definido qué sucederá en caso que se presente una situación adversa previamente contemplada o no. Uno de los riesgos más comunes en nuestro país, es el de no contar con la documentación eficiente de los procesos que se alcanzan con la cotidianidad, importante en la ayuda para consultas y el entendimiento de las actividades, herramientas y para el personal entrante en las empresas.

En la Universidad desde sus inicios en las producciones de software se han presentado varios inconvenientes relacionados con las estimaciones como:

Los métodos de estimación más reconocidos internacionalmente como: COCOMO I, II, III, Puntos de Función y Puntos de Casos de Uso, no son íntegramente aplicables a los proyectos de desarrollo de software de la UCI, ya sea en algunos casos por la ausencia de registros históricos o porque las características y exigencias de dichos métodos no se ajustan a las necesidades y condiciones en materia de madurez de la institución.

Resulta válido sumar (a pesar de los análisis realizados a la aplicabilidad de estos métodos de estimación reconocidos) el hecho que desde los inicios en la Universidad no se orientó a nivel institucional el empleo masivo de alguno de estos métodos de estimación reconocidos. No obstante, algunos proyectos, además de emplear el método de estimación ideado en la UCI a sus inicios, aplicaron algunos de estos métodos de estimación.

Diagnósticos realizados en la Universidad han mostrado de manera sostenida la poca asimilación de estos métodos tan reconocidos, oscilando entre el 60.7 % y el 63.1 % entre los años 2007 al 2010 del total de proyectos en la Universidad.(13)

Desde el año 2002, en la Universidad se utilizó para planificar un método de estimación, ideado por un grupo de especialistas de la Infraestructura Productiva (IP) con cierto grado de experiencia en la gestión y dirección de proyectos. Este método de estimación (materializado en la herramienta privativa Microsoft Excel), se elaboró sobre una base empírica e intuitiva, pues como la UCI llevaba pocos años de creada, no contaba con registros históricos de datos de otros proyectos similares ya finalizados, de manera que las estimaciones se pudieran efectuar utilizando dichos datos como referencia.

Un análisis teórico y práctico realizado a este método aplicado varios años (Tesis de grado de la autora), arrojó como resultado fundamental muy poca correspondencia entre los resultados reales y los estimados, dejando el mismo de ser efectivo e induciendo a la necesidad de buscar mejoras en próximas estimaciones de proyectos a ejecutar.(14)

A esto se le suma que la comunidad universitaria no cuenta con un proceso estructurado e implantado para guiar las estimaciones y planificaciones de la amplia diversidad de proyectos existentes y la retroalimentación de los datos necesarios se realiza mediante el método engorroso de consultas personalizadas o diagnósticos dirigidos a proyectos.(15)(13)(16)(17)

Se dificulta el proceso de identificar mejoras y tomar decisiones con respecto a las desviaciones entre las estimaciones, las planificaciones y los resultados reales en cuanto al tamaño y tiempo de proyectos de desarrollo de software en la comunidad universitaria.

La situación planteada anteriormente lleva al siguiente **problema científico**: La poca correspondencia entre los métodos de estimación más reconocidos en la bibliografía y las necesidades y características de los proyectos de desarrollo de software de la UCI propicia una desviación significativa entre las estimaciones y los resultados reales en cuanto a tamaño y tiempo; incidiendo en la falta de retroalimentación de indicadores para la toma de decisiones.

Con vistas a su solución, se actúa sobre el **objeto de estudio**: la planificación de proyectos de desarrollo de software.

Como **Objetivo General** se plantea diseñar e implantar un método de estimación que ayude a minimizar las desviaciones significativas entre las estimaciones y los resultados reales de tamaño y tiempo de los proyectos de desarrollo de software de la UCI, tributando también a la retroalimentación de indicadores para la toma de decisiones.

Por tanto como **campo de acción** se define los métodos de estimación para los proyectos de desarrollo de software de la UCI.

La **Hipótesis** se formula de la siguiente manera:

Si se diseña e implanta un Método de Estimación en correspondencia con las necesidades y características de los proyectos de desarrollo de software en la UCI, es posible minimizar las diferencias entre las estimaciones y los resultados reales en cuanto a tamaño y tiempo; tributando también a la retroalimentación de indicadores para la toma de decisiones.

Para dar cumplimiento al objetivo general planteado se trazan los siguientes **objetivos específicos**

- Evaluar el proceso de planificación de los proyectos de desarrollo de software de la UCI.
- Diseñar un método de estimación para los proyectos de desarrollo de software de la UCI.
- Implantar un método de estimación para los proyectos de desarrollo de software, según los procesos de desarrollo de software del CMMI de la UCI.
- Validar el método de estimación para los proyectos de desarrollo de software de la UCI.

El trabajo fue estructurado en cuatro capítulos, los cuales se relacionan a continuación así como el objetivo propuesto en su contexto global.

Capítulo 1: Planificación de proyectos de desarrollo de software.

Se realiza una evaluación del estado del arte con respecto a la planificación de proyectos de software, conceptualizando la estimación de proyectos y los riesgos que repercuten en las estimaciones. Se describen los métodos de estimación más reconocidos y se analiza el método de estimación empleado en la UCI desde el 2002 al 2008.

Capítulo 2: Diseño e implementación del Método de Estimación para los proyectos de desarrollo de software de la UCI.

Se realiza el diseño e implementación del Método de Estimación, especificando las bases con las métricas que lo definen y los factores de complejidad que repercuten en las estimaciones. Se describe la metodología XP seleccionada para la implementación de la Herramienta del Método de Estimación, la vinculación del mismo en el Programa de Mejora llevado a cabo en la UCI, así como los datos de entrada y salida de la herramienta luego de implementada.

Capítulo 3: Implantación y validación del Método de Estimación para proyectos de desarrollo de software de la UCI.

Se describen las actividades llevadas a cabo durante la ejecución del piloto de la Herramienta del Método de Estimación basado en el Modelo IDEAL. Se realiza un análisis de los resultados del piloto y la efectividad del Método de Estimación: precisión de las estimaciones y la calidad de las predicciones, comparado con los resultados reales de tiempo.

Capítulo 1: Planificación de proyectos de desarrollo de software.

Haciendo un estudio retrospectivo en la historia de la industria del software, se pudiera iniciar caracterizando los años 1960s como la era donde se aprendió a explotar la información tecnológica (18), comenzando a vincular los software con las operaciones diarias de las instituciones que ya para los años 1970s registraban demoras masivas en los cumplimientos de las planificaciones y el exceso de los costos, enfocando todas las actividades a partir de entonces en torno a la planificación.

Para los 1980s, la productividad incrementaba significativamente, disminuía el costo² y la competencia en la industria, crecía considerablemente. Venía madurándose la idea de predecir, analizar y evaluar los distintos atributos y características de los productos y procesos, que participan en el desarrollo y mantenimiento del software, mediante métricas e indicadores que expresaran la realidad lo más cuantificada posible y con mejoras continuas e incrementables que se refinarían a lo largo de los 1990s, definida como la era de la calidad (18). A partir de entonces la competencia por obtener un producto óptimo y refinado comienza a exigir más precisión a la hora de estimar para planificar y medir cuánto esfuerzo, recursos, y tiempo supondrá construir un sistema o producto específico de software, durante la gestión de proyectos.

La gestión de un proyecto es una tarea vital para obtener éxito. (19)(18)

Comprender el ámbito del trabajo a realizar, los riesgos en los que se puede incurrir, las tareas que han de llevarse a cabo, las etapas a recorrer, los recursos y el tiempo del proyecto, así como el plan a seguir, previéndose las posibles situaciones de encontrar escenarios con el mejor y peor de los casos, representan acciones esenciales para conseguir un alcance exitoso en un proyecto de software.

Precisamente la gestión de proyectos de software es la encargada de proporcionar este conocimiento, comenzando antes de iniciar el proceso de desarrollo, evolucionando a

²El **costo** o **coste** es el gasto económico que representa la fabricación de un producto o la prestación de un servicio. Al determinar el costo de producción, se puede establecer el precio de venta al público del bien en cuestión (el precio al público es la suma del costo más el beneficio).

En otras palabras, el costo es el esfuerzo económico que se debe realizar para lograr un objetivo operativo (el pago de salarios, la compra de materiales, la fabricación de un producto, la obtención de fondos para la financiación, la administración de la empresa, etc.). Cuando no se alcanza el objetivo deseado, se dice que una empresa tiene sobrecostos o pérdidas.

medida que se parte de un nivel conceptual a la realidad y finaliza en el momento que se abandona el software.

La planificación va sucediendo como un proceso de descubrimiento de la información que dé lugar a realizar estimaciones más razonables a medida que se avanza.

Los proyectos bien ejecutados pasan por tres etapas básicas para crear la planificación del software. Primero se estima el tamaño del producto, luego el esfuerzo necesario para construir un producto con este tamaño y por último la duración cronológica del proyecto.

Una planificación adecuada requiere:

- El tiempo asignado inteligentemente a cada actividad.
- Las relaciones entre las actividades indicadas correctamente.
- Los hitos situados rigurosamente espaciados para que se pueda seguir el progreso.

1.1 La estimación en la Gestión de Proyectos.

La estimación de la duración de las actividades que conforman el desarrollo de software es un tema que concierne a la gestión y control de proyectos para asegurar el éxito.

En efecto, Ana María Moreno Sánchez Capuchino dice: La primera tarea en la gestión de proyectos es la estimación.(9)

La estimación, como actividad antecesora y constante de lo que luego será la planificación, proporciona valores aproximados del tiempo que se necesitará para el desarrollo del producto a construir. Esa aproximación, requiere experiencia, acceder a una buena información histórica y el coraje de confiar en predicciones (medidas) cuantitativas, cuando todo lo que existe son datos cualitativos (19); sin embargo, contar con dicha información en etapas tempranas de desarrollo, permite tomar decisiones importantes antes de llevarlo a cabo, es decir, de cierta forma atreverse a predecir el futuro y así lo expresa también Ana María Moreno Sánchez Capuchino definiendo la estimación como: el proceso que proporciona un valor, a un conjunto de variables para la realización de un trabajo, dentro de un “rango aceptable de tolerancia”. (9)(20)

Estimación Pre- Arquitectura

Durante la etapa de Estudio Preliminar se contempla la exploración de las arquitecturas alternativas del sistema y los conceptos de operación. En esta etapa no se sabe lo suficiente del proyecto para hacer una estimación fina y detallada.

Estimación Post- Arquitectura

Se obtendrán estimaciones más precisas si se ha desarrollado una arquitectura del sistema, la cual haya sido validada y establecida como base para la evolución del producto.

A modo general la estimación post arquitectura pudiese estar representada por el concepto planificación, ya que se realiza cuando los requisitos y la arquitectura del proyecto están lo suficientemente estables, realizándose a cortos plazos, con resultados mucho más concretos y en etapas más avanzadas del proyecto. A diferencia de esto, la estimación pre arquitectura se realiza cuando aún solo se han establecido pequeñas entrevistas con el cliente que provee la información necesaria para alcanzar al menos una noción del alcance y la complejidad del proyecto, representándola en tamaño y tiempo de duración. Por lo general la estimación más aplicada es la estimación pre arquitectura o simplemente estimación.

Problemáticas para Estimar

La estimación es siempre difícil de realizar por diversas razones, algunas de ellas son (21):

- No existe un modelo de estimación universal.
- Son muchas las personas implicadas en el proyecto, desde la alta dirección de la empresa a los ejecutivos del proyecto, que precisan de las estimaciones.
- La utilidad de una estimación varía con la etapa de desarrollo en que se encuentra el proyecto.
- Las estimaciones precisas son difíciles de formular, sobre todo al inicio del proyecto.
- La estimación suele hacerse superficialmente, sin tener en cuenta el esfuerzo necesario para hacer el trabajo.
- La rapidez del cambio de las metodologías y las tecnologías no permiten la estabilización del proceso de estimación.
- Los estimadores pueden no tener experiencias sobre aquello que pretenden estimar.
- El estimador suele hacer la estimación en función del tiempo que le llevaría en realizar el trabajo, sin tener en cuenta la experiencia y formación de la persona que realmente lo realiza.
- El estimador tiende a reducir en alguna medida sus estimaciones para hacer más aceptable su oferta.

Si bien existen todos estos inconvenientes para estimar, resulta válido constatar que es imprescindible realizar la actividad, ya que constituye el primer paso para la realización de un proyecto y un aspecto importante a tener en cuenta, pues representa el punto de partida que provee los márgenes de tiempo máximos por los que se regirá el proyecto a desarrollar.

Para estimar es importante comenzar desde el paso de determinar las restricciones y objetivos a seguir. Los resultados son retroalimentados tanto para el desarrollo del sistema, como para la realización de futuras estimaciones, proporcionando a los desarrolladores la oportunidad de tomar decisiones correctivas basándose en nuevos datos.

Comprender las razones por la que las estimaciones son imprecisas y buscar las soluciones, acompañadas de sugerencias, ayuda a obtener futuras estimaciones más precisas. Las estimaciones precisas solo pueden ser esperadas cuando hay experiencia previa. Si son hechas sin referencia o experiencia previa serán poco menos que conjeturas.

Medida, Medición y Métricas

- **Medida:** Una medida es una variable a la que se le asigna un valor. Se pueden clasificar en dos tipos (20)(22)
 - o **Medida Base:** Funcionalmente independiente de otras medidas.
 - o **Medida Derivada:** Se define en función de dos o más valores de las Medidas Bases.
- **Medición:** Cuantificación de un atributo con respecto a una determinada escala. Su clasificación depende de la naturaleza de las operaciones utilizadas para cuantificar un atributo (20):
 - o Subjetivo: Cuantificación del juicio humano.
 - o Objetivo: Cuantificación basada en normas numéricas.
- **Métricas de software:** Algoritmo o cálculo realizado para combinar dos o más Medidas Bases. La escala y las unidades de las Medidas Derivadas dependerán de las escalas y unidades de las Medidas Bases que las componen, así como la forma en que se combinan por la función. (20)(23)(22)
- **Función de Medición:** Algoritmo o cálculo realizado para combinar dos o más medidas bases (concepto con el que se asocia en las bibliografías el término Métrica)(22)

- **Indicador:** Medida que proporciona una evaluación o estimación de determinados Atributos Derivados de un modelo con respecto a las necesidades de información definidas. Los indicadores son la base para el análisis y la toma de decisiones. Se trata de lo que debería ser presentado a los usuarios de la medición. (20)(24)(22)

Se puede decir entonces que una Medida es un elemento que proporciona una indicación cuantitativa de la extensión, cantidad, dimensiones, capacidad o tamaño de algunos atributos de un proceso, producto o proyecto. Sobre la combinación de estas medidas se calculan las Métricas, de las que se obtienen resultados que al analizarse e interpretarse, constituyen el concepto de Indicador como resultado concreto.

Características de un buen elemento³ de estimación.

Los métodos de estimación deben basarse en parámetros de estimación que posean las siguientes características:

- Objetivo.
- Fácilmente identificable.
- Apto para ser valorado numéricamente.
- Válido.
- Apto para ser refinado a medida que se obtiene mayor información.

Se puede encontrar en la literatura existente, muchas definiciones sobre el significado de la palabra “estimación”; como la siguiente: “es la predicción del personal, del esfuerzo, de los costos y del tiempo que se requerirán para realizar todas las actividades y construir todos los productos asociados con el proyecto”. (24)(19)

Por otra parte una definición no técnica de estimación dice que “es un conjunto aproximado de valores para algo que ha de ser hecho”.

Se comienza la estimación haciendo uso de pocas variables en un nivel alto de abstracción, permitiéndose obtener valores aproximados de tiempo y esfuerzo como para estudiar la viabilidad del proyecto. Una vez comenzado el proyecto y obtenidos estos valores se pueden efectuar comparaciones, detectar desvíos en el plan y realizar los ajustes correspondientes en lo que respecta a una adecuada planificación.

³Elemento: Parte constitutiva de algo. Cada una de las partes más simples de que consta un concepto o en que un concepto puede ser analizado. Sustancia que no se puede descomponer en otra más sencilla.

El desarrollo del software requiere de la estimación para controlar y administrar los recursos que se necesitan utilizar antes y durante el proyecto. No se puede considerar la estimación como una ciencia exacta ya que existen numerosas variables humanas, técnicas, del entorno y políticas, que intervienen en su proceso y que pueden afectar los resultados finales. Sin embargo, cuando es llevada a cabo en forma sistemática, se pueden lograr resultados con un grado aceptable y convertirla en un instrumento útil para la toma de decisiones.

Cualquier cronograma de tareas pendientes implica estimaciones. Cualquier intención de calcular tiempos o recursos al futuro, implica estimaciones. Sin estimaciones no podría haber gestión de proyectos, porque el proyecto es, como su nombre lo indica, una proyección.

Tamaño del Software.

El tamaño del software representa el primer reto a cumplir por el planificador, siendo una producción cuantificable del proyecto de software.

La precisión de una estimación del proyecto de software se predice basándose en (19):

1. El grado en el que el planificador ha estimado adecuadamente el tamaño del producto a construir.
2. La habilidad para traducir la estimación del tamaño en esfuerzo humano, tiempo y dinero (una función de la disponibilidad de medidas fiables de software de proyectos anteriores).
3. El grado en que el plan del proyecto refleja las habilidades del equipo de software.
4. La estabilidad de los requisitos del software y el entorno que soporta el esfuerzo de la ingeniería del software.

Unidad de Medida⁴

- Línea de Código (LDC): unidad de medida detallada para estimar tamaño del software.
- Punto de Función: representación del tamaño del software a partir de requerimientos.
- Caso de Uso: documentación de los requerimientos del software.

⁴Unidad de Medida: Una cantidad, definida y adoptada por convención, con la cual otras cantidades del mismo tipo se comparan con el fin de expresar su magnitud con relación a esa cantidad. Sólo las cantidades expresadas en las mismas unidades de medida son directamente comparables.(22)

- Otras Medidas según la clasificación de proyectos. Ejemplo: Multimedia (Guiones)

Estimación del Tiempo

Es una predicción de tiempo y recursos probables que serán requeridos para completar el trabajo del proyecto.

La actividad se cuantifica en un tamaño objetivo y basado en elementos técnicos.

1.2 Factores que repercuten en la incertidumbre de las estimaciones.

La estimación conlleva un riesgo inherente y es este riesgo el que lleva a la incertidumbre.(19)

Se pueden citar una serie de factores que repercuten en la incertidumbre como la complejidad del proyecto, que también está muy vinculada a la planificación, pues resulta que cuando se habla de este término hay que tener en cuenta los esfuerzos relacionados con la experiencia en prácticas anteriores, porque lógicamente un equipo que lleve tiempo trabajando en proyectos con la misma complejidad, llegará el momento que perciban la respuesta mucho más fácil, en comparación con equipos que se lanzan por primera vez.

El tamaño del proyecto es otro factor importante que puede afectar la precisión y la eficiencia de las estimaciones. (19)

Desde un principio el tamaño del proyecto aumenta y paralelamente la dependencia de los elementos que lo componen se ven afectados en este crecimiento, por lo que para obtener mejores estimaciones se divide el proyecto en partes lógicas, con vistas a ver la solución más enfocada y lo más sencilla posible, aunque todo dependa de la forma en la que el encargado de descomponer lo vea, porque aún esta puede tornarse compleja y grande.

El grado de incertidumbre estructural tiene también efecto en el riesgo de la estimación (19). Cuando se refiere a la estructura, se está analizando el grado con que han sido definidos los requisitos y funciones, la facilidad con que se pueden compartimentar las funciones, así como la estructura por orden de prioridad de la información a procesar.

Resulta conveniente mostrar cuáles son las opciones que se presentan a la hora de realizar estimaciones en el marco del desarrollo de proyectos de software (25)(26).

- Basar la estimación en proyectos similares: esta alternativa funciona adecuadamente cuando el proyecto presenta semejanzas con otros ya desarrollados. La desventaja de su implementación, es la de requerir información de mediciones efectuadas en proyectos pasados, que en todo momento no están disponibles y que además no siempre representan un buen indicador.

- Utilizar técnicas de descomposición relativamente sencillas para generar estimaciones: se basa en la descomposición del problema redefiniéndolo en conjuntos más pequeños. Posee dos puntos de vista: descomposición del problema y descomposición del proceso. (19)
- Desarrollar un modelo empírico: emplea fórmulas derivadas empíricamente para predecir tiempos (19).

Los datos empíricos que soportan la mayoría de los modelos de estimación se obtienen de una muestra limitada de proyectos; razón por la cual este tipo de modelo no se considera adecuado para todas las clases de software, ni para todos los entornos de desarrollo, aunque la mayoría de las empresas que cuentan con métodos particulares se basan por lo general en datos empíricos y resúmenes de resultados de muestras de proyectos.

1.3 Tipos de estimaciones

Dependen de la exactitud requerida por el estimador y el tiempo a invertir.

Estimaciones de lo general a lo particular

Se tiene un valor estimado total y éste se descompone en niveles inferiores.

Ventajas

- Se obtiene una estimación más rápida.
- Se basan principalmente en la experiencia de los expertos.

Desventajas

- Dependiendo de los criterios usados, no siempre se obtienen resultados con gran exactitud.

Estimaciones de lo particular a lo general

Se estima cada tarea y se suma al total del proyecto.

Ventajas

- Produce resultados más precisos.
- Son basados en el teorema estadístico del límite central, el cual explica la compensación de los pequeños errores al estimar cada tarea.

Desventajas

- Hacer un estimado detallado es más costoso y el tiempo de producirlo es considerablemente más largo.

Estimaciones análogas

Usa el costo real de proyectos históricos para predecir el costo del proyecto que está siendo estimado. Si los proyectos históricos que se están usando son similares al que se está estimando, estos estimados pueden ser algo exactos. Si no son similares, entonces los estimados no son muy precisos.

Estimaciones paramétricas

Su precisión es parecida a los estimados analógicos. Requiere encontrar parámetros del proyecto que influyen directamente con el costo del proyecto.

1.4 Métodos⁵ de Estimación.

En el marco de trabajo durante el proceso de desarrollo de software se clasifican los siguientes métodos de estimación:

- Empíricos.
- Analógicos.
- Teóricos.
- Heurísticos.
- Juicio del experto.
- Puntos de Función.
- COCOMO: Básico, Intermedio, Desarrollado
- Puntos de Casos de Uso.

Empíricos.

Cualquier estimación se debe basar en un modelo empírico, o sea, algo subjetivo producto de la experiencia, que relacione un atributo de interés con otros atributos mensurables. El modelo empírico es el punto de partida para cada método de estimación.

Analógicos.

Este método hace la estimación de un proyecto nuevo por analogía con las estimaciones de proyectos anteriores comparables y que estén terminados. En la analogía pueden variar los siguientes factores como el tamaño, complejidad, etc. Utiliza medidas de los atributos del modelo empírico a fin de caracterizar el caso actual, para el que se realiza la estimación. Las medidas conocidas para el caso actual son usadas para buscar un conjunto de datos que identifiquen casos análogos. La predicción se hace intercalando desde uno o varios casos análogos al caso actual.

⁵Método: Secuencia lógica de operaciones, genéricamente descritos.

Las ventajas que proporciona este método es un menor costo en tiempo y recursos que el método del juicio del experto. Como desventajas cabría destacar que las estimaciones de proyectos anteriores, no siempre se ajustan a nuevos proyectos, ya que muchos de los factores de estas estimaciones no siempre se mantienen. (26)

Teóricos.

Los métodos de estimación teóricos proponen un modelo numérico, basado en el modelo empírico. Los modelos teóricos deben ser validados empíricamente, por comparación con los datos actuales de las medidas.

Heurísticas.

Los métodos heurísticos suelen usarse como extensiones de otros métodos. Las heurísticas son reglas empíricas, desarrolladas por experiencias, de las cuales se obtienen conocimientos sobre relaciones entre atributos del modelo empírico. Las heurísticas se pueden utilizar para ajustar estimaciones realizadas con otros métodos.

Juicio del experto.

Las opiniones de los expertos se basa principalmente en juicios emitidos por uno o varios expertos avalados por su experiencia en entornos similares y apoyados, en algunos casos, en datos objetivos obtenidos de proyectos anteriores y almacenados (26), aunque no se incluyen dentro del marco de trabajo para seleccionar métodos de estimación, ya que estos métodos no se pueden caracterizar fácilmente.

Existen algunos métodos más específicos como el Experto Puro y el Wideband Delphies.

La desventaja de este método es el alto costo en tiempo y recursos humanos necesarios para su implantación, así como la subordinación al nivel de experiencia y conocimientos en entornos, que puedan aportar los técnicos. Las ventajas que posee indican que las estimaciones parciales son neutralizadas y se presenta una estimación global. Por otro lado las estimaciones suministradas por este grupo de expertos, difícilmente pueden ser obviadas, gracias a la trascendencia que la organización otorga a este proceso, al proporcionar costosos recursos a esta tarea (26).

Durante la práctica de los métodos mencionados, se han originado otros más formales y eficientes, reconocidos y utilizados por su nivel de precisión:

- Basados en el tamaño: Método de Putnam, Método COCOMO (Modelo de Construcción de Costo).
- Basados en las funciones: Puntos de Función, Puntos de Casos de Uso.
- Combinados: Puntos de Función con COCOMO.

Puntos de Función.

El método de Puntos de Función fue creado por Allan Albretch y se basa principalmente en la identificación de los componentes del sistema informático en términos de transacciones y grupos de datos lógicos que son relevantes para el usuario en su negocio. A cada uno de estos componentes se les asigna un número de puntos por función basándose en el tipo de componente y su complejidad; y la sumatoria de esto brinda los puntos de función sin ajustar. El ajuste es un paso final basándose en las características generales de todo el sistema informático que se está contando.

Los objetivos de calcular Puntos de Función son:

- Medir lo que el usuario pide y lo que el usuario recibe.
- Medir atributos independientemente de la tecnología utilizada en la implantación del sistema.
- Proporcionar una métrica de tamaño que dé soporte al análisis de la calidad y la productividad.
- Proporcionar un medio para la estimación del software.
- Proporcionar un factor de normalización para la comparación de distintos software.

El análisis de los Puntos de Función se desarrolla considerando cinco parámetros básicos externos del Sistema (19)(21):

1. Entrada (EI, External Input).
2. Salida (EO, External Output).
3. Consultas (EQ, ExternalQuery).
4. Ficheros Lógicos Internos (ILF, Internal Logic File).
5. Ficheros Lógicos Externos (EIF, External Interface File).

Con estos parámetros, se determinan los puntos de función sin ajustar (PFsA), luego se utiliza COCOMO para calcular el esfuerzo de desarrollo y otros indicadores a partir de la conversión de los puntos de función sin ajustar en líneas de código fuente. A este valor, se le aplica un Factor de Ajuste obtenido en base a unas valoraciones subjetivas sobre la aplicación y su entorno; es decir, las características generales del sistema. Se debe aplicar el coeficiente de conversión de acuerdo a la experiencia para obtener el esfuerzo de desarrollo.

Los puntos de función aparecen con ventajas substanciales por sobre las líneas de código, para fines de estimación temprana del tamaño del software, y por ende, del esfuerzo de desarrollo. Además es una medida ampliamente utilizada, y con éxito, en

muchas organizaciones que desarrollan software de forma masiva (21). Varias opiniones de organizaciones que se inician en la aplicación de este método reconocen la utilidad, pero se ven limitados por el acceso a la total información y por el engorroso modo de aplicación del mismo.

COCOMO

COCOMO fue propuesto y desarrollado por Barry Boehm en el año 1981, es uno de los modelos de estimación mejor documentado, estudiado y utilizado en la industria de software. El modelo permite, basándose en un grupo de ecuaciones no lineales obtenidas mediante técnicas de regresión, a través de un histórico de proyectos ya realizados (27); estimar el esfuerzo y tiempo que se requiere en un proyecto de software, a partir de una medida del tamaño del mismo, expresada en el número de líneas de código que se estimen generar, para la creación del producto software. El modelo original ha evolucionado a un modelo más completo llamado COCOMO II.

Existen tres modelos: Básico, Intermedio y Desarrollado

COCOMO I Básico

Aplicable a la gran mayoría de los proyectos (pequeños y medianos), estimativas limitadas. Calcula el esfuerzo y costo del desarrollo de software en función del tamaño expresado en miles de líneas de código (KLOC).

COCOMO II Intermedio

Estimativas más precisas (consideran factores de restricción). Calcula el esfuerzo de desarrollo en función de atributos del proyecto: tamaño de la base de datos, complejidad, tiempo de respuesta y capacidad del programador.

COCOMO II Desarrollado

Estimar a nivel de módulo, subsistema y sistema, y presentar la distinción de fases. Toma como base el submodelo Intermedio considerando el impacto de los atributos del proyecto en cada una de las etapas del ciclo de vida.

Consiste básicamente en la aplicación de ecuaciones matemáticas sobre los Puntos de Función sin ajustar o la cantidad de líneas de código (SLOC, Source Lines Of Code) estimados para un proyecto. Estas ecuaciones se encuentran ponderadas por ciertos factores de costo (cost drivers) que influyen en el esfuerzo requerido para el desarrollo del software. (28)

Puntos de Caso de Uso

La estimación mediante el análisis de Puntos de Casos de Uso, es un método propuesto originalmente por Gustav Karner de Objectory AB, y posteriormente refinado por otros autores. Se trata de un método de estimación del tiempo de desarrollo de un proyecto de asignación de “pesos” a un cierto número de factores que lo afectan, para finalmente, contabilizar el tiempo total estimado para el proyecto a partir de esos factores. (28)

1.5 Sistema de Gestión de Información: sistemas de estimaciones

Un sistema de gestión es una estructura probada para la gestión y mejora continua de las políticas, los procedimientos y procesos de la organización (29). Un Sistema de Gestión de Información puede ser definido como un conjunto de elementos que interactúan entre sí, con el fin de apoyar las actividades que se realizan en una organización o para automatizar los procesos de trabajo que se efectúan dentro de esta. El desarrollo de un Sistema de Gestión de Información puede proporcionar numerosos beneficios, dentro de los que se puede mencionar la optimización del tiempo en la búsqueda de documentos, la reducción de los riesgos de pérdida del documento físico original, el acceso concurrente a un documento y el hecho de disponer de la información de forma centralizada y rápidamente accesible.

Programa de Estimación de Costos de Software (SW Cost Estimation Program: SCEP)

El Programa de Estimación de Costos de Software desarrollado por la compañía RetiSoft implementa todas las características de los algoritmos de estimación de esfuerzo y planificación de proyectos de software, estándar de facto en la industria, COCOMO 81 (modelo detallado), con extensiones que también proyectan costos basándose en la estructura de pagos y jerarquías de trabajo de la organización que lo desarrolla. Los cálculos se basan en el tamaño estimado del programa, ajustado de acuerdo a las características del entorno de desarrollo (complejidad, confiabilidad, restricciones de rendimiento y memoria, etc.) El modelo detallado soporta la descomposición funcional del programa en componentes que pueden ser estimados con mayor precisión. Se pueden aplicar factores configurables en todos los niveles de la estructura del programa, para permitir una mejor identificación de diferencias a lo largo del proyecto. SCEP también incluye estimaciones para la reutilización de módulos existentes con modificaciones. (30)

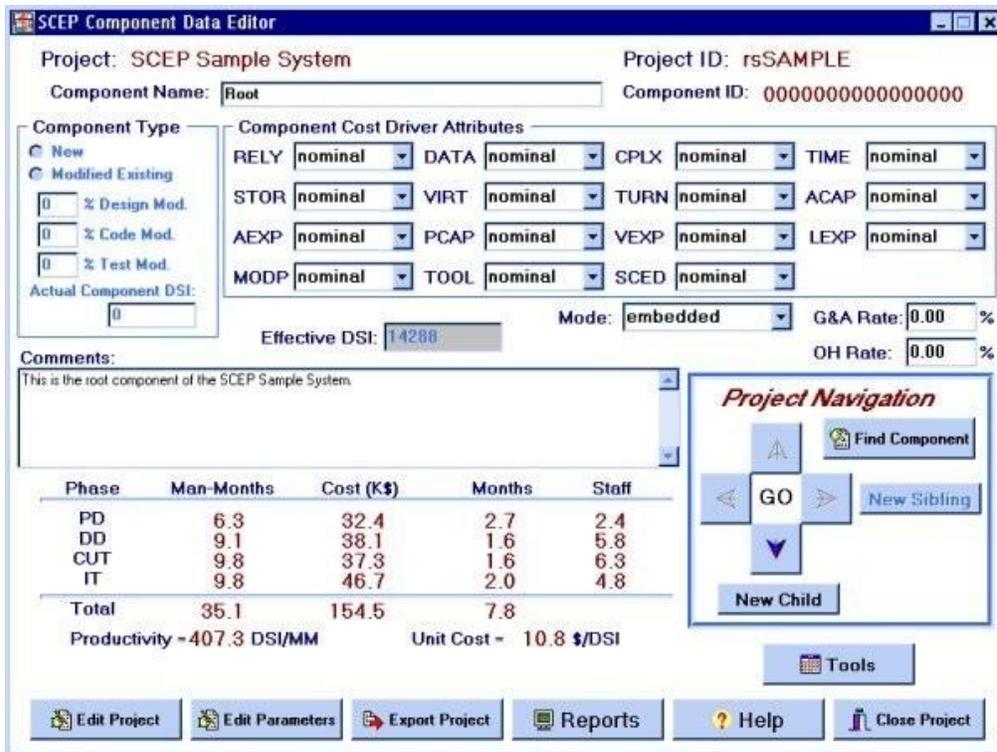


Figura 2. Programa de Estimación de Costos de Software

Estimación Maestra (Estimate Master)

Una herramienta desarrollada por la compañía Coon Creek Software, muy útil para cualquier negocio. Se adapta a diferentes tipos de negocios gracias a una base de datos abierta y configurable que hace estimaciones de costos. Para usar el programa, se introducen los datos de una empresa (materiales, etc.) o se emplea el asistente para importar datos de otras aplicaciones o bases de datos, todo ello con una interfaz cordial e intuitiva.

Genera órdenes de trabajo y de clientes orientadas a documentos utilizando para ello numerosas plantillas de estimaciones. Incluye una herramienta de backup/ restore para hacer copias y volver al lugar de partida en caso de dudas. Además, puede sincronizar las bases de datos de diferentes ordenadores y puede exportar archivos de otros programas con formatos como .RTF, .XLS, .PDF, o .TXT. (30)

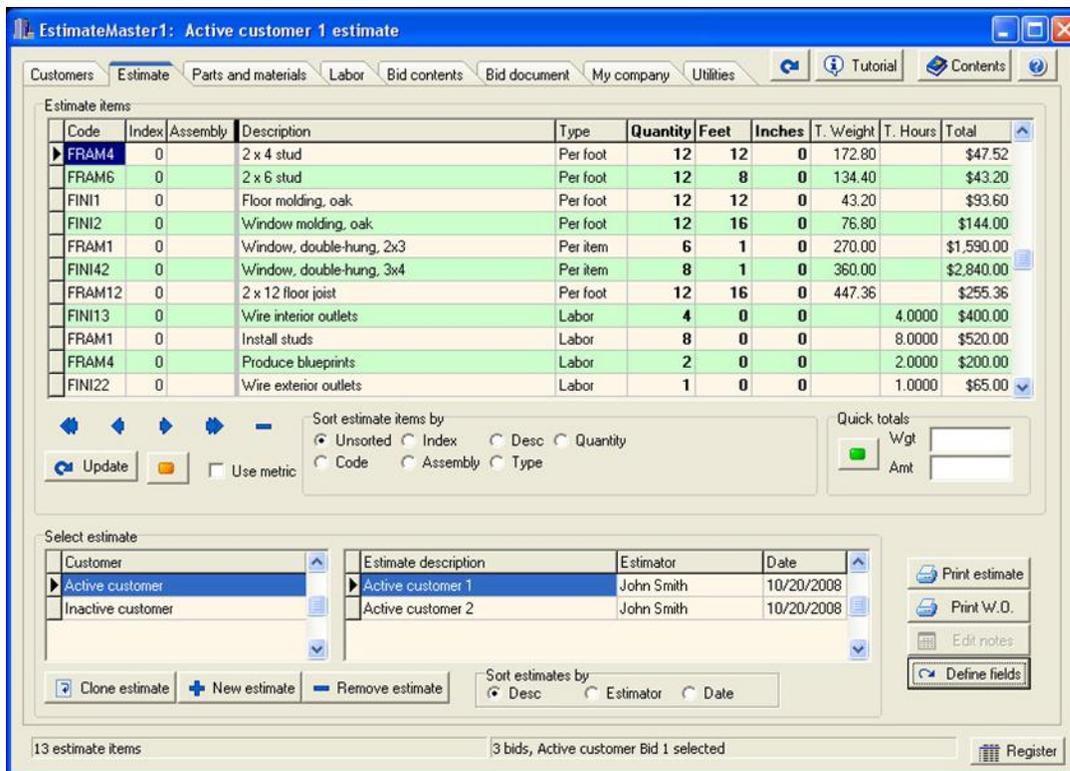


Figura 3. Estimación Maestra

A modo general los métodos más reconocidos en la literatura y empleados por grandes y medianas empresas de desarrollo de software son: COCOMO II y Puntos de Casos de Uso; ambos métodos relacionados según criterios de expertos se consideran la práctica perfecta. En la Universidad existen inconvenientes que dificultan la aplicabilidad de estos como:

- Todos los métodos de estimación reconocidos son privativos.
- Existe poco tiempo para realizar la estimación y los Métodos de Estimación reconocidos exigen una serie de pasos e informaciones rigurosos y no se cuentan con todas en el momento que se ejecuta este tipo de estimación en la Universidad.
- Varios de estos Métodos de Estimación, se tienen que ejecutar con la ayuda de registros históricos y el empleo de unidades de medidas específicas (Ejemplo COCOMO: líneas de código) y en la Universidad la diversidad de las metodologías de desarrollo en los proyectos de software son basados en varias unidades de medidas: Casos de Uso, Historias de Usuario, Procesos, Guiones, por lo que se ha dificultado tomar la decisión de aplicar para todos los proyectos un Método de Estimación en específico.

- Las funciones de medición que se emplean en COCOMO y Puntos de Casos de Uso, son nominales y al no contar con este automatizado se hace engorroso la ejecución del mismo.

- Los factores de riesgo según las clasificaciones que se enuncian en los métodos de Estimación, en algunos casos aplican con respecto a las características de los proyectos de la Universidad y en otros casos resulta conveniente tener en cuenta otros factores de riesgo identificados, que pueden incidir en mayor o menor tiempo de desarrollo.

Lo ideal sería seguir los pasos de otras instituciones que extraen de cada método lo que les favorece, conformando así un único método de estimación basado en las particularidades de la institución, que satisfaga las necesidades y que sobre todo provea resultados satisfactorios en cuanto a las estimaciones y resultados reales.

1.6 Análisis del Método de Estimación aplicado en la UCI desde el año 2002- 2008

Un estudio realizado al método de estimación (descrito y analizado en la tesis de grado de la autora, año 2007) aplicado en la UCI desde el año 2002 al 2008, evidenció algunas deficiencias, especialmente en las dos primeras etapas: Levantamiento de Requisitos y Prototipo (etapas seleccionadas para el análisis).

En el método no se reflejó una estructura lógica y consecuente de las etapas necesarias para desarrollar un producto software. Mostró una incorrecta ubicación de las actividades por etapas, pues no se tuvo en cuenta por ejemplo una etapa para la Modelación del Negocio, sino que las actividades de esta etapa, se encontraron implícitas dentro del levantamiento de requisitos y se debe analizar que algunas actividades de la Modelación del Negocio, como la obtención y desarrollo de los Procesos Elementales del Negocio (PEN), constituyen hitos a cumplir para luego proceder al Levantamiento de Requisitos.

Otro elemento que repercutió negativamente en los resultados que se obtuvieron a partir del método, provocando retrasos que influyeron negativamente en la planificación, fue que no se tomó en cuenta la influencia de los riesgos que pueden presentarse durante el proceso de desarrollo. En el método no se previó cómo vincular los riesgos una vez identificados, de manera que se pudiese conocer el impacto que ocasionan sobre las estimaciones, por lo que la planificación que se obtuvo a partir de estos datos, no tuvo la capacidad de adaptarse ante cualquier cambio que surgía en el entorno de desarrollo.

Una consecuencia de mezclar las actividades en el método de estimación fue que no se vieron claramente delimitadas las etapas, en consecuencia del nivel de aplicación de las mismas en la diversidad de proyectos de la Universidad.

Ciertamente, la gran mayoría de las instituciones cuando comienzan a planificar, estiman de inicio a fin el proyecto, considerando las mejores condiciones, o sea, el escenario del “mejor caso”. Estimar no resulta una tarea fácil, pero tener en cuenta las posibles alternativas, hace más elevado el nivel de certeza, ante un asombro posterior a lo previsto, donde las posibilidades de corrección ya sean poco probables por las estimaciones que se mantienen corriendo en tiempo y recursos.

En el caso de la UCI, el método de estimación empleado reflejó claramente que sólo se tuvo en cuenta el escenario del “mejor caso”, pues si se retoma lo anteriormente analizado, se evidencia que toda estimación estuvo concebida bajo condiciones ideales, donde el resultado de la mayoría de los factores para ejecutar un buen método de estimación tomaron valor nominal, porque no se analizaron debidamente, ni se gestionaron los riesgos que todo proyecto siempre tendrá que combatir con un buen plan.

Un análisis práctico sencillo realizado en el año 2007 evidenció mediante datos cuantitativos lo anteriormente analizado; para ello se tomó una muestra mínima de tres proyectos que en fase de desarrollo habían recolectado datos estadísticos por etapas y se procedió a realizar una comparación sencilla entre las estimaciones y los resultados reales. Los tres proyectos no coincidían en una cifra proporcional de tiempo dedicado realmente a las actividades realizadas hasta ese momento. En cuanto al tamaño, las cifras alcanzaron casi el doble de casos de usos estimados. Se demostraron así las deficiencias en el método de estimación empleado, ya que la relación entre las estimaciones y resultados reales no estaban equivalentes

En el método de estimación las etapas definidas fueron: Levantamiento de Requisitos y Prototipo. En la práctica se realizó una Modelación del Negocio y Levantamiento de Requisitos.

A modo general se observaron cifras representativas de los tiempos estimados y reales donde la diferencia ascendió en gran medida, duplicando lo estimado en cuestiones de tamaño (CU) y tiempo en los tres proyectos seleccionados entre los 150 proyectos registrados hasta el 2007 en la Universidad. Ver Figura 4.

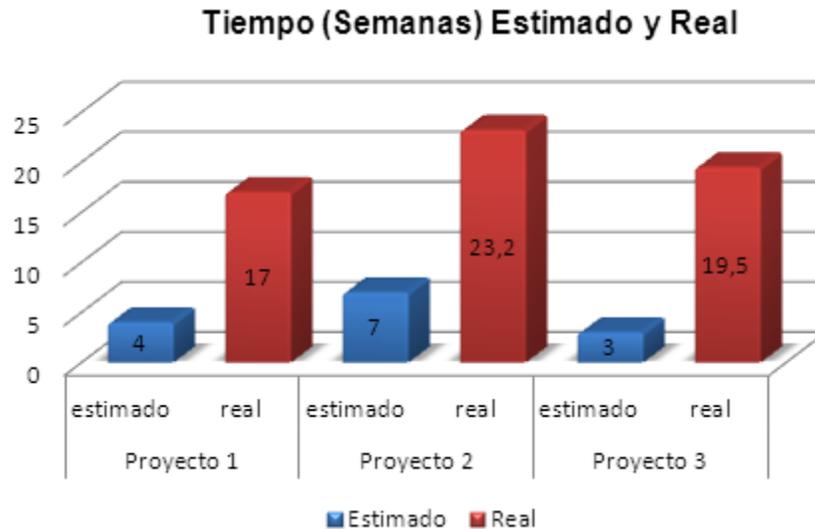


Figura 1: Comparación del tiempo de desarrollo entre proyectos.

1.7 ¿Cómo organizar la planificación y estimación? Modelo Integrado de Capacidad y Madurez para el Desarrollo (CMMI-DEV) v1.2.

Para realizar actividades por un conjunto disperso de personas y propiciar que se ejecuten de la misma manera, usando un lenguaje común, resultados compatibles e integrables, es necesario tener definido, documentado y establecido el "cómo se va a hacer". Con la ayuda de la definición de procesos, toda organización opera de manera eficaz, aumenta la capacidad de reaccionar ante los cambios, la mejora continua y la flexibilidad estructural. Es por ello que a pesar de poder contar con los recursos y la tecnología, hay que procurar vital importancia a la permanencia, al establecimiento y la documentación estructurada de los resultados que se vayan alcanzando en el tiempo.

CMMI⁶ posibilita la normalización y control de los procesos productivos, la obtención de cronogramas con planificaciones más reales, calendarios completamente predecibles, el fomento del trabajo disciplinado, distribuido y colaborativo al mismo tiempo, la detección

⁶ CMMI-DEV v1.2 (Capability Maturity Model Integration for Development) es un modelo integrado para la mejora de procesos que proporciona a las organizaciones los elementos esenciales para realizarlos eficazmente. Se puede utilizar para guiar la mejora a través de un proyecto, una división, o toda una organización. Ayuda a: integrar funciones tradicionalmente separadas, establecer objetivos y prioridades de mejora, orientar los procesos de calidad y proporcionar un punto de referencia para evaluar los procesos actuales. (32)

de riesgos desde etapas tempranas y la correcta mitigación de estos. Las buenas prácticas que propone contribuyen a la disminución del tiempo de desarrollo y recursos invertidos en arreglos de defectos y re-trabajo, mayor tolerancia al cambio e incremento de la capacidad de adopción y adaptación de nuevas tecnologías. Un programa de mejora basado en CMMI facilita una alineación de los requisitos y los principios del modelo permitiéndole a la organización la obtención de sus metas y objetivos de negocio. Ofrece una mayor confianza a los clientes y consumidores sobre los productos y servicios ofrecidos por la organización, facilitando la entrada en el mercado competitivo del software.

El modelo tiene dos representaciones, la representación continua y la representación escalonada por etapas o niveles, que a su vez son muy similares ya que ambas están diseñadas para ofrecer esencialmente resultados equivalentes. Es importante conocer de manera adecuada y precisa las diferencias entre estas, así como sus ventajas para poder tomar la decisión correcta sobre cuál representación elegir o cuál representación se acopla más a las necesidades y objetivos de negocios de la empresa.(31)

Ambas representaciones se desenvuelven a través de las diferentes Áreas de Procesos (AP), junto con sus metas y prácticas específicas, la diferencia consiste en el enfoque que cada una toma para hacer uso de estas y de cómo ayudarán a mejorar el desarrollo de los procesos dentro de una organización.

Representación Continua:

Esta representación ofrece un enfoque flexible al mejoramiento de procesos, una empresa puede escoger mejorar el desempeño de algún proceso que esté causando problemas, o puede trabajar en diferentes áreas que estén alineadas a sus objetivos de negocios. Esta representación también le permite a las organizaciones mejorar varios procesos al mismo tiempo, pero en diferentes niveles, aunque existen algunas limitaciones en la selección, debido a las dependencias existentes entre algunas AP.

Representación por Etapas:

La representación por etapas ofrece un enfoque sistemático y estructurado para mejorar los procesos paso a paso. Al conseguir cada etapa, se asegura que se ha dado un mejoramiento y que se han establecido las bases necesarias para iniciar la siguiente etapa.

Las AP están organizadas por niveles de madurez, los cuales son un camino evolutivo bien definido cuyo objetivo es la obtención del mejoramiento de procesos en una

organización, desde el nivel inicial hasta el nivel óptimo. Ambas representaciones tienen tanto ventajas como desventajas, así como diferencias y similitudes, pero todo depende desde el punto de vista que se vea y en base a las necesidades y los objetivos de negocios de cada organización. La representación continua es una buena elección si se sabe de antemano qué procesos necesitan ser mejorados en la organización. Si no se sabe por dónde comenzar ni qué procesos elegir para mejorar, la representación por etapas es la mejor opción.

CMMI permite relacionar de forma más explícita a las actividades gerenciales y de ingeniería con los objetivos del negocio, posibilita expandir el alcance y la visibilidad hacia el ciclo de vida del producto y a las actividades de ingeniería, para asegurarse que el producto o servicio cumpla con las expectativas de los clientes, además mejora la rapidez y efectividad de respuesta ante exigencias del negocio y la colaboración y comunicación efectiva con implicados internos y externos.

En el año 2008 y después de 6 años de desarrollo de aplicaciones, la UCI se encontraba preparada para dar un salto superior en su proceso productivo. Si bien eran notables los niveles de producción que se habían alcanzado, aún no satisfacían los objetivos de producción en aspectos claves como la planificación de los proyectos y el control sobre la misma, la recolección de indicadores para contar con proyectos más predecibles y poder realizar una mejor estimación de tiempos.

Con el propósito de asegurar la calidad de sus productos y ganar en competitividad, la UCI decidió adoptar procesos para el desarrollo de aplicaciones informáticas a nivel de la organización.

Después de la revisión de varios estándares y modelos como la ISO⁷, Moprosoft⁸, CMMI y MPS.br⁹, y de estudiar las características de cada uno se apostó por la utilización de CMMI para el desarrollo en su versión 1.2 y en su representación escalonada el nivel 2.

⁷International Organization for Standardization (ISO) es la desarrolladora y editor de Normas Internacionales más grande del mundo. Es una red de institutos nacionales de normas de muchos países donde participa un miembro por cada país.

⁸Modelo de Procesos para la Industria del Software (MoProSoft) es el modelo de procesos para la industria mexicana de Software, realizado en conjunto por la Secretaría de Economía, la UNAM y AMCIS. Este modelo está diseñado para medir la capacidad de los procesos que siguen las empresas y para garantizar una calidad constante en los desarrollos y mantenimiento de software. Se tomaron los siguientes estándares internacionales como base para la creación de MoProSoft: ISO 9000, ISO 15504, SW-CMM y CMM-I.

Para dicho nivel de CMMI v1.2 propone las siguientes áreas de procesos (AP):

- Administración de Requisitos (REQM)
- Aseguramiento de la Calidad de Procesos y Productos (PPQA)
- Planeación de Proyectos (PP)
- Monitoreo y Control de Proyectos (PMC)
- Medición y Análisis (MA)
- Administración de Configuración (CM)
- Administración de Acuerdos con Proveedores (SAM)

Estas AP ayudan a la mejora de los objetivos de la producción en la UCI.

Basados en este modelo, el programa de mejora que se desarrolla actualmente en la Universidad tiene como objetivo la definición e implementación de los procesos necesarios para cubrir estas 7 áreas de procesos, buscando con ello la reducción de varios de los problemas que están vigentes en la producción de software en la Universidad.

El AP de Planeación de Proyecto cuenta con tres metas específicas y cada meta contiene prácticas específicas (32). Específicamente la primera meta específica es “Establecer estimaciones” y las prácticas para esta meta están dadas por:

- 1.1 Estimar el alcance del proyecto.
- 1.2 Establecer las estimaciones de los atributos del producto de trabajo y de las tareas.
- 1.3 Definir el ciclo de vida del proyecto.
- 1.4 Determinar las estimaciones de esfuerzo y de coste.

Una meta específica puede representar un proceso o subproceso en un AP, así como también es válido aclarar que estas pueden estar representadas o ejecutadas mediante herramientas que automaticen y faciliten la ejecución de procesos en todo su contenido.

⁹MN-MPS (Modelo de Negocio para Mejora de Proceso de Software) describe reglas de negocio para la Implementación del Modelo de Referencia MR-MPS por las Instituciones Implementadoras (II), entre otras.

Conclusiones Parciales

- Para realizar una correcta planeación de proyectos es necesario contar con estimaciones lo más certeras posibles y apoyarse en un adecuado Método de Estimación de respaldo.
- Los métodos de estimación más reconocidos en la bibliografía no son totalmente adaptables a las características y necesidades de la UCI para realizar las estimaciones de proyectos.
- Resultados de análisis teórico y práctico muestran que el método de estimación empleado en la Universidad en la etapa del 2002- 2008 presenta deficiencias al comparar las desviaciones entre las planificaciones y resultados reales obtenidos en cuanto al tiempo de desarrollo de los proyectos que lo aplicaron.
- Es necesario obtener un método que se adapte a las características propias del entorno de trabajo de la Universidad y que tome en cuenta los riesgos que pueden incidir en la desviación de las estimaciones.

Capítulo 2: Diseño e implementación del Método de Estimación para los proyectos de desarrollo de software de la UCI.

En el capítulo se presenta el diseño del Método de Estimación sustentado por métricas y factores clasificados según las complejidades. Se exponen los elementos relacionados con la implementación de la Herramienta del Método de Estimación y la vinculación del mismo con el Programa de Mejora llevado a cabo en la Universidad. Se concluye el capítulo con un análisis entre el Método de Estimación obtenido y los métodos de estimación referenciados en la bibliografía.

El desarrollo del Método de Estimación parte de la necesidad en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) de estimar el tamaño y tiempo requerido para desarrollar un producto software. Dado que la misma no cuenta con una base histórica, se tuvo en cuenta los datos dispersos de algunos proyectos y la evaluación de algunos factores que, según criterio de expertos, pueden influir en las estimaciones del proyecto.

Para la elaboración del método de estimación se realizó un estudio de otros métodos de estimación de la literatura, y algunas buenas prácticas en los proyectos de desarrollo de la Universidad.

2.1 Diseño del Método de Estimación: Métricas definidas.

El primer paso del método de estimación es la identificación de la cantidad de Paquetes Funcionales ¹⁰(PF) que potencialmente tendrá el sistema a desarrollar. Estos PF engloban una serie de funcionalidades y estarán compuestos por una determinada cantidad de puntos de función¹¹. Estos PF se clasificarán según la complejidad atendiendo al tamaño en Grandes, Medianos y Pequeños.

Para determinar los valores representados en las tablas que se muestran en el diseño del Método de Estimación, se realizó un diagnóstico guiado por el Centro Calisoft en el año

¹⁰ Paquete Funcional: Componente que agrupa un conjunto de requerimientos funcionales con características a fines. (Definido por el autor)

¹¹Punto de Función: Unidad de medida genérica que representa una funcionalidad. Puede representarse por un Caso de Uso, Proceso, Historia de Usuario, etc.(Definido por el autor)

2008, 2009 y 2010, donde se recolectaron una serie de datos por todos los proyectos de la Universidad. Las medidas obtenidas fueron procesadas y analizadas estadísticamente, arrojando los indicadores iniciales para el diseño del Método de Estimación. (13)(16)(17)

En la siguiente tabla se representan los valores obtenidos máximos y mínimos de los PF clasificados. Ver Tabla 1.

Tabla 1: Clasificación de Paquetes Funcionales en términos de Puntos de Función

Clasificación de Paquetes Funcionales en términos de Puntos de Función		
Cota Mínima	Cota Máxima	Clasificación
3	10	Pequeño
11	18	Mediano
19	26	Grande

Métricas de Tamaño

Para unificar los puntos de función según la clasificación de los paquetes funcionales, se aplicará una métrica ajustado por el Factor Cliente (FC) (Ver Epígrafe 2.2). Quedando:

- $TPFG = TotPFG * CMaxG * FC$ donde,
 TPFG: Total de Puntos de Función por PF Grandes.
 TotPFG: Total de Paquetes Funcionales Grandes.
 CMaxG: Cota Máxima de Puntos de Función para un PF Grande
- $TPFM = TotPFM * CMaxM * FC$ donde,
 TPFM: Total de Puntos de Función por PF Medianos.
 TotPFM: Total de Paquetes Funcionales Medianos.
 CMaxM: Cota Máxima de Puntos de Función para un PF Mediano.
- $TPFP = TotPFP * CMaxP * FC$ donde,
 TPFP: Total de Puntos de Función por PF Pequeños.
 TotPF: Total de Paquetes Funcionales Pequeños.
 TotPFP: Total de Paquetes Funcionales Pequeños.
 CMaxP: Cota Máxima de Puntos de Función para un PF Pequeño.

Obtenido el valor del Tamaño en Puntos de Función para cada tipo de PF, se procede a calcular el tamaño total de Puntos de Función Ajustado¹² por el Factor de Complejidad Técnica (CT) (Ver Epígrafe 2.2):

- $TotalPFA: \sum (TPFG + TPFM + TPFP) * CT$, donde:

¹²Punto de Función Ajustado (PFA): Cuantificación de Puntos de Función, vinculado con la ponderación de ciertos coeficientes. (28)

TotalPFA: Total de Puntos de Función Ajustados

Métricas de Tiempo

Para determinar el tiempo de desarrollo por cada etapa identificada se utilizaron como referencia los elementos propuestos por el método de Puntos de Casos de Uso. (7) Los valores porcentuales para cada actividad fueron determinados mediante la métrica de la media muestral, con los datos de tiempo (semanas) seleccionados durante los diagnósticos efectuados en la Universidad, definiéndose así los porcentos que representan el total de los tiempos dedicados a cada actividad. Ver Tabla 2.

Tabla 2 Por ciento de tiempo por actividades estándares de desarrollo

Por ciento de tiempo por actividad respecto al total de tiempo de desarrollo	
Estudio Preliminar	6.06%
Modelación del Negocio	13.14%
Captura de Requisitos	19.18%
Análisis y diseño	17.12%
Implementación	31.32%
Pruebas internas	10.10%
Pruebas de Liberación	3.08%

Obviamente, estos valores no son absolutos, sino que variarán de acuerdo a las características de los proyectos de la Universidad y tendrán que ser retroalimentados con el tiempo.

Como resultado de los diagnósticos efectuados en la Universidad también se obtuvo el tiempo unitario de codificación de un Punto de Función: 25 horas, cuando el personal de desarrollo está dedicado a tiempo completo (dígase 8 horas de trabajo diario) y 30 horas cuando el personal está dedicado a medio tiempo (dígase 4 horas de trabajo diario).(13) (17)

Contando con el tamaño en Puntos de Función Ajustados y el tiempo unitario de implementación de un Punto de Función, se puede tomar como punto de partida el cálculo del tiempo de la actividad de Implantación (TImp).

Con éste criterio, y tomando como entrada la estimación de tiempo calculada, se pueden calcular las demás estimaciones para obtener la duración total del proyecto.

$$T_{Imp} = T_{ImpUnitario} * PFA$$

Donde:

TImpUnitario: Constante que identifica el Tiempo de Implementación de 1 Punto de Función

TImpUnitario=25 horas a tiempo completo y 30 horas a medio tiempo dedicado a la implementación

Se calcula el tiempo de Análisis y Diseño (TAD), utilizando los porcentos definidos para cada actividad, agregándole el Factor de Valor Agregado (FAG) (Ver Epígrafe 2.2) multiplicado por la cantidad de PFA.

$$TAD = (TImp * \%AD)/\%Imp) * FAG$$

Donde:

%AD: % de tiempo correspondiente a la actividad de Análisis y Diseño.

El tiempo dedicado a la Captura de Requisitos, las Pruebas Internas y otras actividades se mantienen calculándose con las siguientes métricas:

- Tiempo dedicado a la Estudio Preliminar (TEP)= (TImp * % Estudio Preliminar)/ % TImp
- Tiempo dedicado a la Modelación del Negocio (TMN)= (TImp * % Modelación del Negocio)/ % TImp
- Tiempo dedicado a la Captura de Requisitos (TCR)= (TImp * % Captura de Requisitos)/ % TImp
- Tiempo dedicado a las pruebas internas (TPI)= (TImp * % Pruebas Internas)/ % TImp.
- Tiempo dedicado a las Pruebas de Liberación (TPL)= (TImp * % Pruebas de Liberación)/ % TImp.

El tiempo real de desarrollo (TRD) se calcula utilizando el Esfuerzo¹³ de desarrollo (E) y el Total de Hombres (TH)

- $TRD = E/TH$ (Horas/ Hombre)

El TH es un dato de entrada insertada por el estimador en el momento de realizar la estimación.

Métrica del Esfuerzo (Horas/ Hombre)

Para calcular el Esfuerzo de desarrollo para una persona, se tendrán en cuenta todos los tiempos estimados por actividades.

- $E = \sum (TEP + TMN + TCR + TAD + TImp + TPI + TPL) / 1$ (Horas/ Hombre)

¹³Esfuerzo: La medición del esfuerzo es realizada en base a horas hombre destinadas a cada actividad.

Para calcular el Tiempo Máximo de desarrollo (TMáx) (Meses) y el Tiempo Mínimo de desarrollo (TMín) (Meses), se tendrán en cuenta el tiempo dedicado a trabajar diariamente en el proyecto y la cantidad de días laborales a la semana.

Los resultados estadísticos obtenidos en los diagnósticos realizados, arrojaron que para el profesional que está doblemente vinculado (Docencia, Producción) y para los estudiantes que están vinculados a proyectos, el tiempo promedio de trabajo diario en proyectos es de 5 horas y para el caso de los profesionales dedicados solo a la producción el tiempo promedio de trabajo diario es de 8 horas.(13)(17)

- $TMáx = (E+TA)/HD/ DL/ S$

Donde:

TMáx: Tiempo (Meses) Máximo de desarrollo.

TA: Sumatoria de tiempos (Horas) para las actividades: Pruebas de Aceptación, Pruebas Piloto, Despliegue, Soporte. Estos tiempos representan medidas bases de entrada para la aplicación del Método de Estimación.

HD: Tiempo (Horas) de trabajo diario

DL: Cantidad de días laborales a la semana

S: Cantidad de semanas promedio en el mes

- $TMín = TMáx/ TH$

Donde:

TMín: Tiempo Mínimo (Meses) de desarrollo.

TH: Total de Hombres (Medida base de entrada para la ejecución del Método de Estimación).

Entre el TMáx y TMín, la diferencia radica en que para el cálculo del TMáx solo se involucra a una persona, mientras que para el TMín se involucra más de una persona, propiciando que el tiempo de desarrollo sea menor. De esta forma se podrá contar con un intervalo de tiempo para que el estimador (a la hora de pactar proyectos con clientes) cuente con un intervalo de tiempo para tomar la decisión del tiempo del proyecto de desarrollo de software.

2.2 Factores de Complejidad que influyen en las métricas

Los factores de complejidad clasificados (Complejidad Técnica, Factor Cliente, Valor Agregado, Factor Ambiente) contienen características que se listan dándoseles un peso determinado en una escala de 0.5 - 1.5, en dependencia del nivel de importancia, según se emplea en el método de estimación Puntos de Casos de Uso. La complejidad se

cuantifica a partir de una evaluación cualitativa a cuantitativa aplicando las siguientes escalas(28):

- Escala de 0-5.

Evaluación	Valor
Alto (A)	5
Medio Alto (MA)	4
Medio (M)	3
Medio Bajo (MB)	2
Bajo (B)	1

- Escala de 0-1.

Evaluación	Valor
Sí	1
No	0

Los pesos asignados a cada característica de los factores de complejidad clasificados, se identificaron a partir de características referenciadas en el método Puntos de Casos de Uso (28) y la identificación de características a fines, en proyectos de desarrollo de la Universidad.(16)(13)(17)

En dependencia de las evaluaciones de los estimadores por cada característica de los factores de complejidad se ponderarán las medidas de tamaño y tiempo.

Con los valores asignados a las características de cada factor de complejidad, se obtiene el grado total de Influencia.

Factor del Cliente:

El Factor Cliente (FC), representa el nivel de incertidumbre asociado a la madurez que tiene el cliente en materia de proyectos informáticos, se utilizará para determinar la cantidad de puntos de función que quedarán como reserva.

Tabla 3 Características para el Factor Cliente

No	Factor	Descripción	Peso
C 1	Existe sistema anterior.	¿El cliente cuenta con el sistema anteriormente automatizado?	0.5
C 2	Existen resultados de informatización.	¿Existen algunas funcionalidades o paquetes funcionales informatizados?	1
C 3	Existe Dirección de Informatización o Informática.	¿Se cuenta en la organización con personal calificado con conocimientos informáticos y/o con una Dirección o grupo dedicado a la Informatización?	1
C 4	Existe infraestructura tecnológica en la organización del cliente.	La infraestructura tecnológica representa la integración de un conjunto de elementos de hardware (servidores, puestos de trabajo, redes, enlaces de telecomunicaciones, etc.), software (sistemas operativos, bases de datos, lenguajes de programación, herramientas de administración, etc.) y	1

		servicios (soporte técnico, seguros, comunicaciones, etc.) que en conjunto dan soporte a las aplicaciones (sistemas informáticos) de una empresa u organización.	
C 5	Existe base legal en la organización.	¿La organización cuenta con una base fundamentada jurídicamente y apoyada en la ley?	1
C 6	Es el primer proyecto con la organización.	¿Es la primera vez que se realiza un proyecto con la organización?	0.5
C 7	Existe una estructura clara en la organización.	¿Los procesos y áreas funcionales están claramente definidos?	1
C 8	Existe un especialista para atender al proyecto.	¿En la organización se cuenta con un especialista en disposición de atender el proyecto?	1
C 9	Están definidas las funciones de las áreas.	¿Las actividades que realizan en cada área están definidas?	1.5
C 10	Estabilidad de los requisitos.	¿Los requisitos funcionales y no funcionales se mantendrán estables?	1
C 11	El cliente es el usuario de la aplicación.	¿El cliente que solicita la realización del proyecto es el usuario que interactuará con la aplicación?	0.5

El Factor Cliente se calcula mediante la métrica:

$$FC = FO/FP$$

Donde:

FO: Factor obtenido (sumatoria del producto de cada característica individual, por su respectivo peso)

FP: Factor obtenido asignando evaluaciones pesimistas (todas las características con evaluaciones positivas).

Factor de valor agregado

Factor de Valor Agregado (VA): determina algunas acciones que pueden representar esfuerzo adicional al desarrollo de software; influye en todas las actividades definidas, fundamentalmente en la actividad “Análisis y Diseño”.

Tabla 4 Características para el Factor Valor Agregado

No	Factor	Descripción	Peso
C 1	Ayuda Integrada.	La aplicación debe contar con una ayuda integrada al sistema.	1
C 2	Mantener una interfaz familiar al	El cliente de la aplicación, solicita que la interfaz o el diseño gráfico del sistema contenga características particulares o explícitas.	1

	negocio.		
C 3	Aplicación multidioma.	La aplicación debe ser desarrollada en varios idiomas.	1

El Factor Valor Agregado se calcula como la sumatoria del producto de cada característica individual por su respectivo peso, mediante la métrica:

$$FC = 1 + FO * 0.2 / FP (28)$$

Donde:

FO: Factor obtenido

FP: Factor obtenido asignando evaluaciones pesimistas (todas las características con evaluaciones positivas).

Factor Ambiente o de Desarrollo

Factor de Ambiente (FA): se determina luego de analizar las condiciones de la estructura de producción¹⁴ en la que se desarrollará el proyecto, influye en evaluar la realización del proyecto y se utilizará como indicador para conocer si la estructura de producción ha creado condiciones para cumplir los compromisos.

Al obtener las evaluaciones de las características desde la C1- C7, se procede a contabilizar cuántas características se consideraron positivas y/o negativas (SÍ, NO):

- Si el total de evaluaciones de las características son negativas (NO) es 2 o menos, se utiliza el indicador para el tiempo de 25 horas- hombre en la implementación de un punto de función. (13) (16) (17)
- Si el total de evaluaciones de las características son negativas (NO) es igual o mayor que 3, se utiliza el indicador para el tiempo de 30 horas- hombre en la implementación de un punto de función. (13) (16) (17)

Si el C7 es valorado de negativo (NO), entonces el tiempo de trabajo diario que se toma para el cálculo de los tiempos máximos y mínimos de desarrollo, será de 5 horas, como tiempo dedicado al trabajo diario.

Tabla 5 Características para el Factor Ambiente o de Desarrollo

No	Factor	Descripción	Peso
C 1	Temática conocida por la estructura de	¿La estructura de producción tiene experiencia en el desarrollo de proyectos sobre esta temática o	1.5

¹⁴Estructura de Producción: Modo de estar organizadas u ordenadas las partes de un todo. Ejemplo Facultad, Centro, etc.

	producción.	cuenta con personal capacitado en esta temática?	
C 2	La estructura de producción tiene conocimientos sobre Base de Datos.	¿La estructura de producción domina los conocimientos de Base de Datos? Las Bases de Datos son sistemas formado por un conjunto de datos almacenados en discos que permiten el acceso directo a ellos y un conjunto de programas que manipulen ese conjunto de datos.	1
C 3	La estructura de producción tiene conocimientos sobre Leguaje de Programación.	¿La estructura de producción domina los conocimientos sobre el lenguaje de programación que especifica el cliente o con el que se pretende realizar el proyecto?	1
C 4	La estructura de producción tiene conocimientos sobre el Control de Versiones.	¿La estructura de producción domina los conocimientos y herramientas para el control de versiones? El control de versiones es la gestión de los diversos cambios que se realizan sobre los elementos de algún producto o una configuración del mismo.	1
C 5	La estructura de producción tiene conocimientos sobre la Gestión de Proyectos.	¿La estructura de producción tiene experiencia en el desarrollo de proyectos exitosos? La Gestión de proyectos es la disciplina de organizar y administrar recursos de manera tal que se pueda culminar todo el trabajo requerido en el proyecto dentro del alcance, el tiempo, y coste definidos.	1
C 6	Proyecto de continuidad.	Se ha desarrollado una parte del proyecto y se pretende continuar el desarrollo.	2
C 7	La estructura de producción cuenta con todos los desarrolladores vinculados a tiempo completo en el proyecto	¿Los desarrolladores involucrados (estudiantes y profesores) están vinculados a la producción a tiempo completo?	1

Factor de Complejidad Técnica de la Solución

Es asociado a la complejidad de la tecnología y requerimientos no funcionales del sistema, influye directamente en el esfuerzo y fundamentalmente en las etapas de implementación.

Tabla 6 Factor Complejidad Técnica de la Solución.

No	Factor	Descripción	Peso
C 1	Rendimiento de la aplicación.	Velocidad de procesamiento, el tiempo de respuesta, consumo de recursos, rendimiento efectivo total y eficacia de la aplicación.	1
C 2	Rendimiento de la Plataforma.	Velocidad de procesamiento, el tiempo de respuesta, consumo de recursos, rendimiento	1

		efectivo total y eficacia de la Plataforma.	
C 3	Complejidad de Diseño Gráfico	Nivel de complejidad en el conjunto de operaciones técnicas-proyectuales necesarias para la información visual, al objeto de dotarla de la mayor cantidad posible de atributos eficaces, comprensibles y persuasivos para la fácil y completa percepción del mensaje a transmitir.	1
C 4	Procesamiento interno complejo.	Procesamientos lógicos o matemáticos intensivos en la aplicación	1
C 5	Incluye objetivos especiales de Seguridad.	La disponibilidad de mecanismos que controlen o protejan los programas o los datos.	1
C 6	Reutilización.	Porcentaje de Reutilización = CMR/CMD <ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de Módulos con Reutilización (CMR). - Cantidad de Módulos a Desarrollar (CMD). 	0.5
C 7	Integración.	Porcentaje de Integración = CSI/ CMS <ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de Sistemas a Integrar o Legar (CSI). - Cantidad de Módulos del Sistema (CMS). 	1
C 8	Asimilación de Sistemas.	Porcentaje de Asimilación de Sistemas = $CSID/ CSI$ <ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de Sistemas a Integrar o Legar (CSI). - Cantidad de Sistemas a Integrar o Legar Desconocidos (CSID). 	1
C 9	Asimilación de Dispositivos.	Porcentaje de Asimilación de Dispositivos = $(CDE - DRV)/ CDE$ <ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de Dispositivos Externos (CDE). - Cantidad de Dispositivos Externos con Driver o SDK (DRV). 	0.5
C 10	Asimilación de Estándares.	Porcentaje de Asimilación de Estándares = CEE / CEC <ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de Estándares y Normas a cumplir (CEC). - Cantidad de Estándares y Normas específicas (CEE). 	1

La Complejidad Técnica se calcula como: la sumatoria del producto de cada característica individual por su respectivo peso, mediante la métrica:

$$FC = 1+FO*0.5/FP$$

Donde:

FO: Factor obtenido

FP: Factor obtenido asignando evaluaciones pesimistas (todas las características con evaluaciones positivas).

2.3 Metodología seleccionada para implementar la Herramienta para el Método de Estimación

No existe una metodología universal para hacer frente con éxito a cualquier proyecto de desarrollo de software. Toda metodología debe ser adaptada al contexto del proyecto (recursos técnicos y humanos, tiempo de desarrollo, tipo de sistema, etc.).

Luego de un estudio realizado a cargo de dos estudiantes responsables de la implementación de la Herramienta del Método de Estimación sobre las metodologías existentes para desarrollar proyectos informáticos, la metodología seleccionada para guiar la marcha del proyecto y asegurar su éxito fue la Programación Extrema (XP) (25), ya que:

- El proyecto a desarrollar era pequeño en cuanto a requisitos funcionales.
- El cliente formaba parte del desarrollo.
- Se contaba con abundante información del contenido del Método de Estimación.
- Los requisitos estaban propensos a cambios por parte del cliente.

2.4 Diseño e implementación

XP establece prácticas especializadas que inciden directamente en la realización del diseño para lograr un sistema robusto y reutilizable tratando de mantener su simplicidad, es decir, crear un diseño evolutivo que se va mejorando incrementalmente y que permite hacer entregas pequeñas y frecuentes de valor para el cliente.

2.4.1 Características del Diseño

Para el desarrollo de la herramienta se utilizaron patrones de diseño, tales como el patrón de n-capas, ofreciendo modularidad, escalabilidad y simplificación al desarrollo, apoyado en varias clases provenientes de funcionalidades afines con cada capa, de manera que se pueda reutilizar la mayor cantidad de código posible. Otro patrón utilizado es el MVC, muy común en aplicaciones con sofisticadas interfaces de usuario, ya que logra una separación entre la vista, los datos, y el controlador; en este caso el framework JSF actúa como el componente de la vista, los beans de respaldo incluidos con JSF actúan como los controladores, y el framework Spring integrado con Hibernate funcionan como el

componente del modelo. De esta manera se logra una completa distanciaci3n entre estos tres componentes de forma tal que un cambio en la interfaz no implica ning3n cambio en los elementos del negocio.

Uno de los recursos m3s utilizados en la aplicaci3n, es la Inyecci3n de Dependencias que brinda el framework Spring, esto significa en pocas palabras, que es el propio contenedor el que se encargará de “inyectarle” a cada componente la dependencia que le corresponde, de manera que se puede olvidar cu3ndo instanciar una dependencia, solo se supone que est3 ah3. En el caso de los controladores (beans de respaldo) los cuales son creados en el contexto de JSF, para que puedan acceder a los beans declarados en el contexto de Spring, se utiliza la clase Delegating Variable Resolver que brinda el framework Spring, para que JSF pueda buscar los beans en el contexto de Spring y de esta manera acceder a los servicios.

Las transacciones son tratadas por Spring por el m3dulo AOP, el cual se centra en la programaci3n orientada a aspectos, simplemente se declara en un fichero el m3todo y el tipo de transacci3n que tendr3. En la aplicaci3n, para lograr una mayor velocidad, se han declarado transaccionales solo los m3todos que modifican datos en las entidades, ya que se present3 el problema de que se realizaban varias consultas adicionales, cuando se realizaban consultas sobre los datos. Toda esta integraci3n se realiza mediante archivos declarativos XML.

2.4.2 Estructura de la aplicaci3n

El c3digo fuente est3 organizado en una estructura de tipo proyecto y los archivos del proyecto se almacenan en una estructura jer3rquica, de tipo 3rbol. Dicha estructura se ilustra en la figura 5:

La Figura 5 muestra la separaci3n de la aplicaci3n en varios paquetes de implementaci3n.

A continuaci3n se describe cada uno de ellos:

Administraci3n: Almacena todas las configuraciones, servicios y controladores referentes al m3dulo de Administraci3n.

Com3n: Est3n todas las configuraciones que son similares a todos los m3dulos de la aplicaci3n.

Core: En 3l se encuentran las configuraciones referentes a la conexi3n con la base datos y las transacciones de todo el sistema.

Domain: Paquete que guarda todas las entidades del sistema junto a sus respectivos mapeos.

Estimaciones: Almacena todas las configuraciones, servicios y controladores referentes al módulo de estimación.

Resources: En él se encuentran todos los mensajes del sistema y bundles de las páginas, de manera que se facilita la internacionalización del sistema.



Figura 5. Paquetes de Implementación

Internamente, cada paquete modular incluye varios subpaquetes. Uno de ellos es el paquete común en el cual están las configuraciones generales del módulo, el otro paquete es “config” en el que están todas las configuraciones de Spring asociadas al módulo, el paquete dao (Data Access Object) en el cual consta de una interfaz que provee las operaciones necesarias para la persistencia y el acceso a los datos, el paquete service el cual adiciona una interfaz y brinda todas las funcionalidades necesarias para este módulo, que podrán ser accedidas desde los controladores que se encuentran en el paquete web y que se relacionan directamente con las interfaces de usuario.

Con esta estructura se logra una aplicación fácilmente comprensible y ampliable.

En la capa de presentación, con la utilización del framework AJAX4JSF se logra una aplicación interactiva, haciendo un gran uso de las peticiones asíncronas brindadas por AJAX, alejándose de las llamadas web tradicionales. Además, con el empleo del framework Facelets, todo se desarrolla sobre una misma plantilla, la cual es utilizada por todas las interfaces y cargadas en una misma página de manera que simulen un entorno real en el que se muestre la funcionalidad que se requiera de manera rápida y sin recargar la página. Para lograr una completa visualización de la aplicación en todos los navegadores actuales, se utiliza “YAML”, un framework “(X)HTML/CSS” que, entre otras cosas, permite la creación de plantillas basadas en columnas, y se empleó en esta

ocasión para la creación de la plantilla principal. Para validar la entrada de datos, se utilizaron los recursos brindados por el mismo JSF para estos casos, haciendo un amplio uso también de los convertidores proporcionados por el mismo. Hay que destacar que se tuvo que sobrescribir el método `validate` de algunos componentes para facilitar el cambio de color del componente cuando ocurre algún error en la entrada de datos.

En la capa de acceso a datos, se hace un amplio uso de la interfaz `Criteria` que provee el `framework Hibernate`, para la realización de consultas sobre los datos y que es independiente del sistema gestor de base de datos.

2.4.3 Modelo de Datos

A continuación se presenta el Modelo de Datos empleado para la Herramienta del Método de Estimación en su versión v1.0. El mismo se muestra en tres imágenes que representan, en la base de datos, las tablas utilizadas para la Administración (ver Figura 6) y la gestión de proyecto (ver Figura 7).

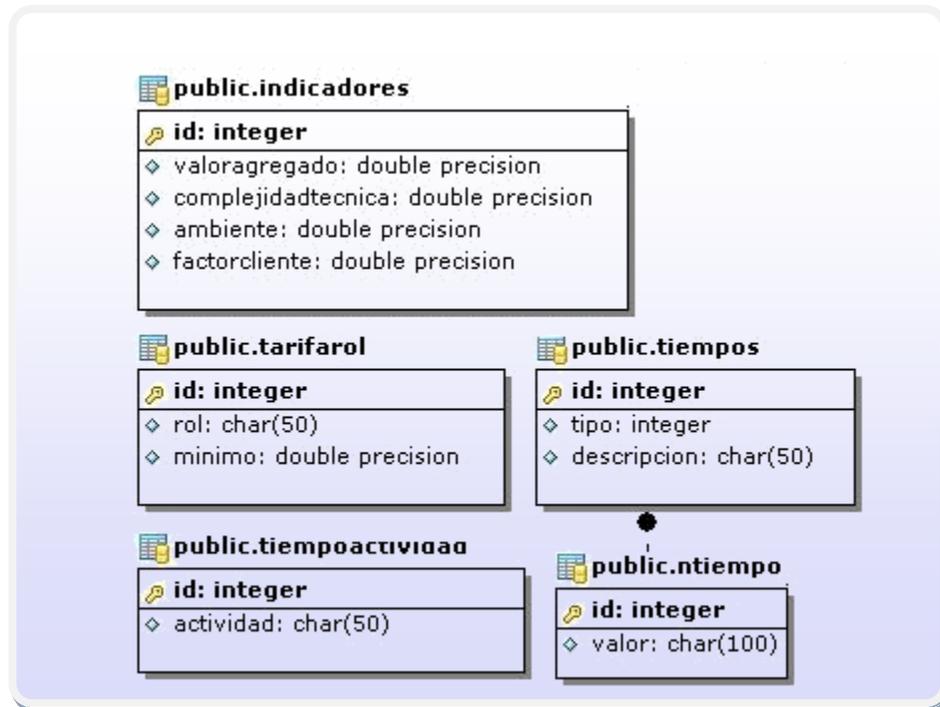


Figura 6. Modelo de datos de Administración

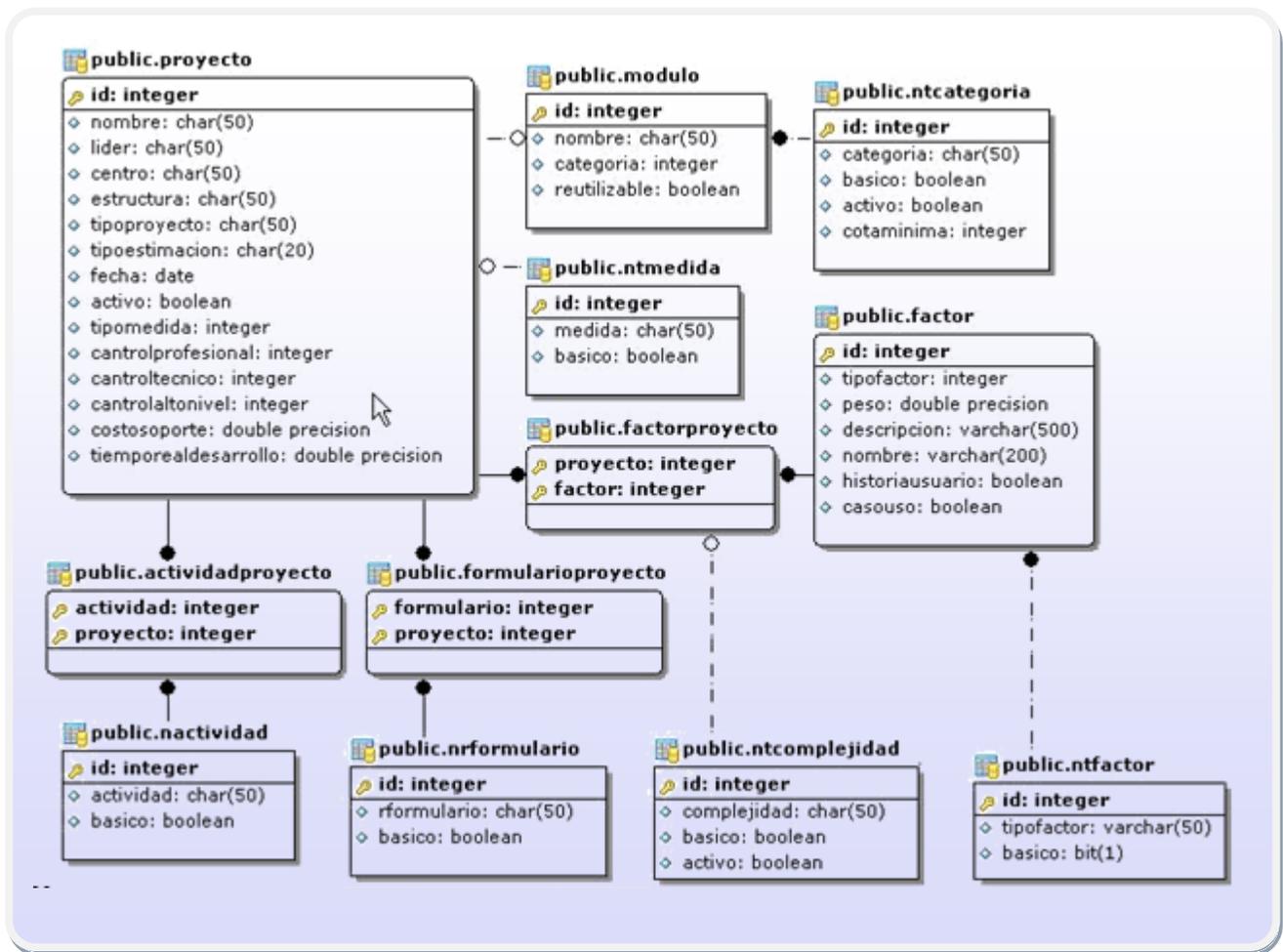


Figura 7. Modelo de datos de Gestión de Proyecto.

2.5 Herramienta del Método de Estimación

Como resultado se obtiene la Herramienta del Método de Estimación, la cual consta de cuatro módulos identificados en el menú de la herramienta web.

Los módulos “Proyectos” y “Estimaciones” son los visualizados para los usuarios que deseen incluir los datos de proyectos a estimar, consultar datos de proyectos estimados, así como consultar resultados de estimaciones de manera tal que se aproveche como patrón para otras estimaciones. Ver Figura 8

Figura 8. Herramienta del Método de Estimación de proyectos de desarrollo de software
 El módulo “Seguridad” únicamente es manipulado por el administrador de la herramienta (Gestor de la Medición) y donde se da acceso a los usuarios sobre los proyectos incluidos, con la posibilidad para el administrador de realizar consultas a estos usuarios avanzadas. Al contar con este módulo se garantiza la total seguridad de los usuarios sobre los proyectos, dando los permisos que se orienten de manera centralizada. Ver Figura 9



Figura 9. Herramienta del Método de Estimación- Módulo Seguridad

El módulo “Administración” es manejado por el Administrador (Gestor de la Medición) de la Herramienta del Método de Estimación, encargado de administrar los identificadores (nombre o siglas) de los proyectos a estimar y la seguridad de los mismos, administrar factores de complejidad que se le muestran al usuario de estimación y también la administración de los indicadores que retroalimentan de datos al sistema para el cálculo de las métricas por la que está compuesto. (Ver Epígrafe 2.1) (Ver Figura 10).



Figura 10. Herramienta del Método de Estimación- Módulo Administración

2.5.1 Datos de Entrada en la Herramienta del Método de Estimación:

Datos de entrada insertadas por el Administrador (Gestor de la Medición) de la Herramienta del Método de Estimación:

- **Módulo Administración:** Nombre del Identificador, Siglas del Identificador, Tipo de Proyecto (Nacional, Exportación, Informatización, Estructura Administrativa, Interno de la Estructura Productiva). (Ver Figura 10)
- **Módulo Administración:** Tipo de Factor de Complejidad (Complejidad Técnica, Factor Ambiente, Valor Agregado, Factor Cliente), “Nombre”, “Descripción” y “Peso” de cada característica que componen un tipo de Factor de Complejidad. (Ver Anexo 5)
- **Módulo Administración:** Porcentaje de tiempos por actividades. (Ver Anexo 5)
- **Módulo Administración:** Cantidad de Puntos de Función por clasificación (Grande, Mediano, Pequeño) de Paquetes Funcionales. (Ver Anexo 5)
- **Módulo Administración:** Tiempo (horas) de implementación de un Punto de Función. (Ver Anexo 5)
- **Módulo Administración:** Tiempo (horas) de trabajo diario. (Ver Anexo 5)
- **Módulo Administración:** Cantidad de días laborables a la semana. (Ver Anexo 5)

- **Módulo Seguridad:** Nombre del usuario (estimador) que se registrará en la Herramienta del Método de Estimación.

Datos de entrada insertadas por el usuario (estimador) de la Herramienta del Método de Estimación:

- **Módulo Proyecto:** Datos informativos: Selección del Identificador del proyecto que se estimará, Nombre del Jefe de Proyecto, Nombre del Centro de producción y/o Nombre de la Estructura Productiva, Tipo de Medida (Caso de Uso, Historia de Usuario, Proceso), Fecha en la que se estima el proyecto. (Ver Figura 8)
- **Módulo Proyecto:** Nombre del Paquete Funcional identificado con su correspondiente Clasificación o Categoría (Grande, Mediano, Pequeño) (Ver Figura 8)
- **Módulo Proyecto:** Selección de los Paquetes Funcionales que son reutilizados. (Ver Figura 8)
- **Módulo Proyecto:** Cantidad de personas según los Roles clasificados en: Profesional, Técnico, Consultor de Alto Nivel. (Ver Figura 8)
- **Módulo Proyecto:** Cantidad de: Sistemas a Integrar o Legal conocidos y desconocidos, dispositivos externos a emplear en el proyecto, cantidad de normas a cumplir conocidas y desconocidas que no estén referenciadas en la institución. (Ver Anexo 5)
- **Módulo Proyecto:** Tiempo (Semanas) para las actividades que son acordadas directamente con los clientes como: Pruebas de Aceptación, Pruebas Piloto, Despliegue y Soporte. (Ver Anexo 5)
- **Módulo Proyecto:** Evaluación (Sí, No, Alto, Muy Alto, Medio, Medio Alto, Bajo) de cada característica por clasificación de los Factores de Complejidad. (Ver Anexo 5)

2.5.2 Datos de Salida en la Herramienta del Método de Estimación (Ver Figura 11):

- **Módulo Proyecto:** Tiempo (Horas, Semanas, Meses, Años) de cada actividad del ciclo de vida del proyecto.
- **Módulo Proyecto:** Tiempo Máximo y Mínimo (Horas, Semanas, Meses, Años) de desarrollo
- **Módulo Proyecto:** Datos generales del proyecto: Nombre del Proyecto, Líder del Proyecto, Centro, Estructura Productiva, Fecha de Creación, Tipo de Proyecto, Tipo de Estimación.



Figura 11 Herramienta del Método de Estimación- Módulo Proyecto- Resultados de la Estimación

2.6 Vinculación del método de Estimación en el Programa de Mejora en la UCI

Una vez definidos los procesos disciplinados para el desarrollo de software, se generaliza un marco de trabajo homogéneo en cada uno de los proyectos, que permite organizar y priorizar las actividades de mejora de procesos.

El Método de Estimación (objetivo del presente trabajo) se encuentra relacionado con dos de las áreas de proceso: “Planeación de Proyecto (PP)” y “Medición y Análisis (MA)” en el Programa de Mejora llevado a cabo en la Universidad. En el primer proceso mencionado, se encuentra el subproceso “Estimar y Consultar proyectos”, donde se detallan las actividades a ejecutar, los roles involucrado, así como las entradas y salidas de la Herramienta del Método de Estimación. Al contar con este subproceso se cumple con el primer objetivo específico del área de proceso de Planeación de Proyecto: “Establecer Estimados”.

En el proceso de Medición y Análisis interviene el subproceso “Obtener indicadores de Estimación a nivel organizacional”, donde igualmente se detallan las actividades, roles,

entradas y salidas del subproceso encargado de proporcionar los indicadores definidos para la retroalimentación y alineación del método de estimación anualmente.

2.6.1 Área de Proceso de Panificación de Proyectos (PP): subproceso Estimar y Consultar proyectos.

En la figura 12 se muestra la relación con el ciclo vida de los subprocesos que conforman los procesos de PP definidos, especificando a partir de qué momento comienzan, cuándo terminan y cada qué período de tiempo se ejecuta cada uno. El subproceso definido para realizar la estimación de los proyectos se realiza en la etapa de Estudio Preliminar del proyecto, considerada la primera actividad que se realiza antes de comenzar el desarrollo de cualquier proyecto y en la cual se establecerá la contratación pactando el tiempo del proyecto con la ayuda de las estimaciones que se realicen.

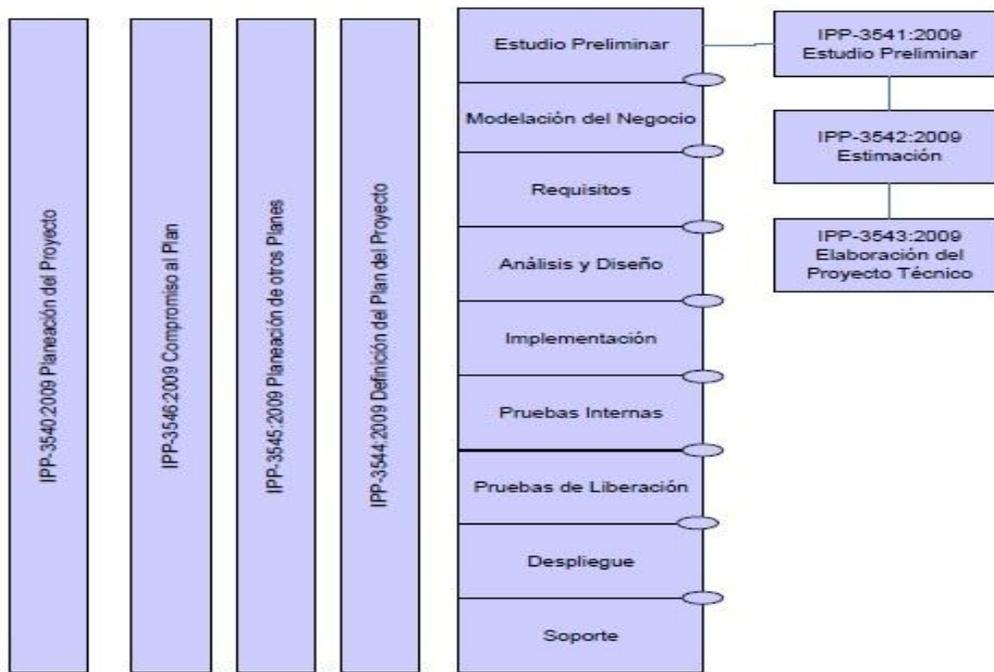


Figura 12. Relación de los subprocesos de PP con el ciclo de vida del proyecto. (23)

El subproceso “Estimar y Consultar Proyectos” (Ver Anexo 3) está basado en la conceptualización de la herramienta del Método de Estimación, dando margen al fácil acceso y realización de las actividades que se detallan en el mismo. Este subproceso aborda el cumplimiento de la primera meta específica SG 1 Establecer Estimaciones del AP Planeación de Proyectos, donde se cumple con el establecimiento del alcance del

proyecto, el ciclo de vida, así como las estimaciones de tamaño y tiempo de desarrollo de software.

2.6.2 Área de Proceso de Medición y Análisis: subproceso de Obtención de indicadores de estimación a nivel organizacional.

El subproceso “Obtener indicadores de estimación a nivel organizacional” (Ver Figura 13) se encuentra estructurado por actividades condicionadas por entradas y salidas y los roles responsables para ejecutar las acciones. Este subproceso está definido para ejecutarse una vez al año y a nivel organizacional. El objetivo principal del proceso es obtener los indicadores de estimación que se encargarán de retroalimentar las estadísticas o los valores que contiene la herramienta. A modo general el subproceso aborda el cumplimiento de la meta específica SG 2 Proporcionar Resultados de Medición (22), del AP Medición y Análisis. Depende para su ejecución que se realice como primera actividad, la obtención de los ocho indicadores definidos a nivel de centro, donde se llevará a cabo la recolección de medidas en los proyectos para conformar cada indicador. Luego de contar con los indicadores por cada centro se procede a obtener los indicadores a nivel organizacional, siguiendo los pasos que se detallan en la descripción textual del subproceso (Ver anexo 4). Se presentan los resultados del análisis de los indicadores ante un comité encargado de aprobarlos y luego de la aprobación se procede a almacenarlos y publicarlos en la Herramienta del Método de Estimación.

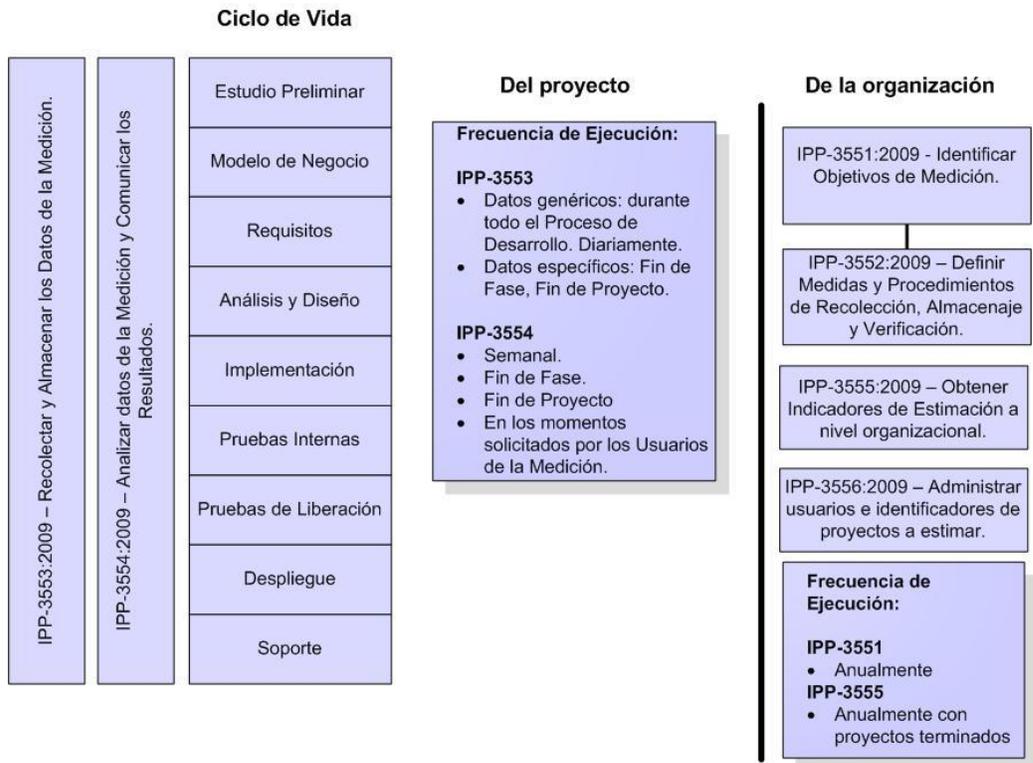


Figura 13. Relación de los subprocesos de Medición y Análisis con el ciclo de vida del proyecto. (24)

2.7 Lo novedoso y referenciado de otros métodos en el Método de Estimación.

Teniendo en cuenta los tipos de estimaciones mencionados en el primer capítulo, se puede decir que el Método de Estimación diseñado se clasifica en:

Empírico: como punto de partida producto a la experiencia adquirida en las estimaciones anteriores.

Analógico: permite realizar estimaciones, partiendo de consultas referenciadas en la Herramienta del Método de Estimación, con datos de proyectos terminados que hayan sido registrados en la misma, filtrando por uno o varios proyectos con características similares como patrón de referencia para la estimación a realizar.

Teórico: cuenta con las bases del Método de Estimación compuesto por métricas y factores de complejidad que complementan los valores cuantificables, basados en un modelo Empírico.

A su vez el método ha sido avalado por juicios de expertos en el tema, dígame líderes de proyectos (13) y los consultores del Programa de Mejora que se llevó a cabo en la Universidad, los cuales lo consideraron adecuado. (33)

Puntos de Caso de Uso: Existe una relación natural entre los Puntos de Función y los Casos de Uso. Los Puntos de Función permiten estimar el tamaño del software a partir de sus requerimientos, mientras que los Casos de Uso permiten documentar los requerimientos del software. Ambos tratan de ser independientes de las tecnologías utilizadas para la implementación. El Método de Estimación comparte esta característica con el método Puntos de Caso de Uso, ya que está conformado con la capacidad de adaptarse a tomar como entrada tanto requisitos, como funcionalidades, Casos de Uso, Procesos e Historias de Usuario, siempre y cuando los indicadores provean los resultados pertinentes y que estos se administren en la Herramienta del Método de Estimación para proyectos de desarrollo de software.

COCOMO: fue el primer método de estimación que luego en su prolongación o mejora, llevada a cabo en la fusión realizada con el método Puntos de Función, en el método Puntos de Caso de Uso, mantuvo la característica de cuantificar factores descompuestos en varias clasificaciones: Complejidad Ambiente, Complejidad Técnica, Complejidad Cliente y Valor Agregado. El Método propuesto cuenta con esta buena práctica que propuso COCOMO en un principio, solo con algunos ajustes en cuanto a las características que los componen, adaptándolos al entorno de desarrollo de software de la Universidad, los cuales fueron propuestos, analizados y aprobados por un comité de expertos. (17)

La Herramienta del Método de Estimación en su generalidad facilita el acceso a realizar tanto consultas a proyectos que cuenten con características similares al que se desee estimar y garantiza la seguridad de contar con información confiable en cuanto a los datos que se administran de cada proyecto e incluso por cada usuario que cuenta con permisos administrables por cada identificador de proyecto. Brinda la posibilidad de administrar los factores que repercuten en las estimaciones: actualizarlos, eliminarlos o modificarlos. Registra un histórico de indicadores en una línea de tiempo determinada, los cuales son administrados. Una herramienta adaptable a entradas para estimaciones pre arquitectura como post arquitectura, que cuenta con toda la información necesaria a un alto nivel de detalle.

Conclusiones Parciales

- Se estructuran las Bases del Método de Estimación para proyectos de desarrollo de software con las métricas y factores de complejidad que inciden en las estimaciones.
- Se presenta el análisis y diseño estructurado de la herramienta implementada.
- Se obtiene la herramienta web del Método de Estimación que guiará el proceso de estimación de proyectos de desarrollo de software en la UCI.

Capítulo 3: Implantación y validación del Método de Estimación para los proyectos de desarrollo de software de la UCI.

En el capítulo se presenta la descripción de los indicadores de Estimación a nivel organizacional (UCI) y la estructura empleada para el Piloto del Método de Estimación basado en el Modelo IDEAL. Luego de estructurado el Piloto del Método de Estimación, se realiza una evaluación por cada aspecto, teniendo en cuenta las evaluaciones de la consultaría del Programa de Mejora de Procesos: fortalezas y mejoras. Para un análisis más detallado se comparan una muestra de proyectos teniendo en cuenta los tiempos estimados por la herramienta que existió hasta el 2008 (creada en Microsoft Excel), los resultados reales de tiempo y los resultados de tiempo de la muestra seleccionada de proyectos, aplicando la Herramienta del Método de Estimación (objetivo de la presente investigación). De manera concluyente se valida la efectividad de los indicadores para el Método de Estimación y se evalúa el Método de Estimación: precisión de las estimaciones y calidad de la precisión.

3.1 Indicadores de Estimación

Una vez ejecutados los subprocesos definidos (Ver Epígrafe 2.6.1 y 2.6.2) la UCI cuenta con los objetivos de medición a considerar en las estructuras productivas, así como con las medidas necesarias para obtener los indicadores que nutrirán de datos la Herramienta del Método de Estimación. Los objetivos de medición se derivan de las necesidades de información y los objetivos de negocio identificados en la organización, en este caso la UCI. CMMI sugiere para definir estas acciones apoyarse en un proceso que respeta cabalmente el enfoque orientado a objeto para definir los Objetivos- Preguntas- (Indicador)- Medida (GQ (I) M)¹⁵ (Goal – Question (Indicator) Measure).

Se cuenta en total con 8 indicadores de estimación, los cuales responden de los 9 objetivos de medición definidos del AP de Medición y Análisis, al objetivo número 2:

¹⁵El proceso (GQ (I) M) produce las medidas que proporcionan información sobre la gestión de las cuestiones que se consideran más importantes. Estas medidas son traceables hasta los objetivos empresariales, a fin de que las actividades de recolección de datos estén en mejores condiciones de permanecer centrados en los objetivos que la motivaron. La estructura del proceso se basa ampliamente en las ideas y la experiencia reportada por Víctor Basili y Dieter.

“Analizar las tareas ejecutadas en el Proyecto a partir del Esfuerzo y Progreso evidenciado en la ejecución de las mismas, con el fin de controlarlas”. (33)

El objeto de interés del objetivo de medición 2 al cual se hace referencia, es el proceso de desarrollo de software de la UCI, cuyo propósito básicamente es analizar las tareas ejecutadas en los proyectos a partir de su progreso y esfuerzo, con el fin de controlarlas.

Los ocho indicadores de estimación definidos con el propósito de retroalimentar la Herramienta del Método de Estimación y así obtener estimaciones más certeras son:

1. Seguimiento al tamaño estimado y real de los proyectos basados en Casos de Uso.
2. Seguimiento al tamaño estimado y real de los proyectos basados en Procesos.
3. Seguimiento al tamaño estimado y real de los proyectos basados en Historias de Usuario.
4. Seguimiento al tiempo (porcentaje) de las actividades de proyectos basados en CU.
5. Seguimiento al tiempo (porcentaje) de las actividades de proyectos basados en Procesos.
6. Seguimiento al tiempo (porcentaje) de las actividades de proyectos basados en Historias de Usuario.
7. Personal dedicado a la producción.
8. Tendencia de tiempo (horas) de implementación de un CU, HU y Proceso según la complejidad por un programador.

Dado que la utilidad del indicador radica en estar diseñado para comunicar o explicar el significado de los resultados de uno o más mediciones mostradas, es necesario cerciorarse que los mismos aborden válidamente las respuestas de interés para los cuales fueron concebidos.

La recolección de las medidas es una tarea que se ejecuta diariamente en los proyectos de la Universidad, para la generación de los indicadores (concebida para ejecutarse anualmente por el Programa de Mejora llevado a cabo en la misma). La actividad de generar los indicadores está orientada solo al rol Gestor de la Medición (Rol definido en el Programa de Mejoras), encargado de generar los reportes de dichos indicadores empleando las medidas básicas y derivadas definidas (Ver documento MA 0325_Objetivos, Preguntas e Indicadores v2.0(33)) y actualizar el módulo Administración de la Herramienta del Método de Estimación.

En el Anexo 2, se detallan las preguntas que originaron la formulación de los indicadores para retroalimentar la Herramienta del Método de Estimación (Módulo Administración de la Herramienta del Método de Estimación), con una vista gráfica del mismo y una guía de interpretación que ayudará al análisis de los mismos.

3.2 Validación del Método de Estimación mediante un piloto

Los proyectos piloto se utilizan para probar las soluciones de enfoques tanto centrados en el proceso, como en el problema. Dado que estas pueden requerir perfeccionamiento y algunas adaptaciones para encajar en todas las áreas de la organización; los pilotajes ayudarán a determinar las necesidades de ajuste y las directrices necesarias para ello. Se puede decir entonces, que el objetivo de los pilotos es comprobar la solución en un proyecto real de la organización y capturar lecciones aprendidas y resultados para refinar la solución con vistas a su posterior instalación. (34)

3.2.1 Diseño del piloto.

La primera tarea a realizar para lograr un pilotaje exitoso es diseñarlo adecuadamente. Previendo las actividades a ejecutar durante el mismo es posible planearlas, asignarles los recursos necesarios y monitorearlas en el momento oportuno, con vistas a pilotear eficazmente (34). En la siguiente figura se muestran estas actividades. (Ver Figura 14)

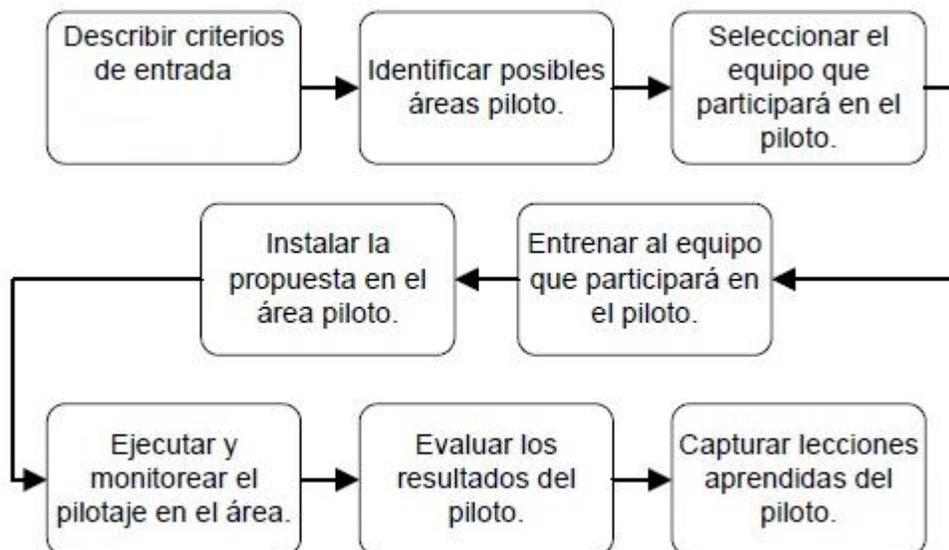


Figura 14. Estructura del pilotaje de la propuesta

Las primeras cinco actividades tratan acerca de las necesidades a satisfacer antes de comenzar el pilotaje, la sexta identifica propiamente su ejecución y las dos últimas se dedican al análisis de los resultados. Primeramente es preciso identificar cuáles de las necesidades no están cubiertas satisfactoriamente.

3.3 Cumplimiento de las actividades para la ejecución del piloto.

1. Describir criterios de entrada del Piloto

Se contó con todos los componentes imprescindibles como la descripción de los subprocesos relacionados (Ver Anexo 3 y 4), la herramienta del Método de Estimación, condiciones de infraestructura creadas y con las necesidades de información claramente identificadas. Todos estos elementos supervisados por los consultores del Programa de Mejora, quienes cada cierto tiempo realizaban revisiones e identificaban las correcciones a realizar para la mejora continua de todos los componentes. En este caso, la propuesta fue aprobada en la primera revisión y se obtuvo la indicación de comenzar, por poseer más del 70% de completamiento, como es requisito (35)

2. Identificar posibles áreas piloto

En este caso, el ambiente de ejecución de los pilotos se realizó en tres centros de proyectos de desarrollo de software de la Universidad involucrados en el Programa de Mejora, que cuentan con proyectos que realizaron la estimación mediante el Método de Estimación y ya han finalizado el ciclo de vida de desarrollo. Las actividades relacionadas con el piloto están previstas a desarrollarse una vez al año, en el tiempo máximo de un mes, el cual se concluye con una valoración cualitativa y cuantitativa de los resultados del mismo.

3. Seleccionar el equipo que participará en el piloto

El equipo para ejecutar el piloto se compuso por los siguientes roles considerados en los subprocesos: Gestor de la Medición, Jefe de Proyecto, Asesor de Calidad y Alta Gerencia.

Los Jefes de Proyectos son los encargados de utilizar el Método de Estimación para estimar el tiempo por actividades y total del proyecto.

Los asesores de calidad de los centros fueron seleccionados con la responsabilidad de asumir la recolección de los datos de todos los proyectos y de ejecutar el análisis a nivel de centro de los indicadores de estimación definidos (Ver Anexo 2).

El grupo Gestor de la Medición, como encargado de supervisar la ejecución del análisis de los indicadores a nivel de centro, ejecutar los indicadores a nivel UCI y el posterior análisis de los mismos. Este grupo es el hilo conductor de todos los procesos para llevar a cabo la ejecución del piloto.

La Alta Gerencia con el propósito de participar en la presentación y análisis de los resultados de los indicadores a nivel UCI, aportando en la toma de decisiones y la retroalimentación de los indicadores a nivel organizacional.

4. Entrenar al equipo que participará en el piloto

La capacitación de los involucrados se realizó en dos etapas y utilizando el Plan de Capacitación elaborado, etapa 1: capacitación formal, etapa 2: acompañamiento. Durante la capacitación formal se presentó el entorno de CMMI, las metas a cumplir y los subprocesos y actividades en cuestión. Se acompañan de las plantillas, guías y herramientas elaboradas para generar las evidencias necesarias. El acompañamiento fue realizado durante la ejecución de las actividades por parte del personal especializado y todos aquellos que necesitaron apoyo en el momento de enfrentar sus tareas la primera vez que la realizaban.

Las actividades de capacitación fueron planificadas y ejecutadas en tiempo. De dos actividades de capacitación planificadas se ejecutaron tres actividades más, posteriormente planificadas debido en gran parte a la incorporación de nuevos miembros asumiendo los roles involucrados en el Programa de Mejora y a la dificultad del entendimiento de los procesos.

5. Instalar la propuesta en el área piloto

La Herramienta del Método de estimación fue publicada desde el año 2010 en el sitio <http://estima.prod.uci.cu/> y aplicada por los proyectos de tres centros seleccionados, quienes contribuyeron durante la ejecución a perfeccionar los subprocesos, los materiales de capacitación y la herramienta en su totalidad.

6. Ejecutar y monitorear el pilotaje en el área

Para la ejecución del piloto del Método de Estimación el primer requisito a seguir fue que se empleara el Método de Estimación definido en la UCI (objetivo esencial del presente trabajo) en los proyectos de los tres centros seleccionados para ejecutar el piloto también de las restantes áreas de proceso. Como anteriormente se ha enunciado el empleo del Método de Estimación responde al AP de Planeación de Proyectos. Durante el monitoreo de esta actividad se pudo observar que el 100% de los proyectos incluidos en el piloto hicieron uso efectivo del Método de Estimación, aunque existieron varios proyectos que se retrasaron en la ejecución de la actividad debido a capacitaciones extras que se tuvieron que impartir, dado principalmente por la inestabilidad de los roles involucrados. No obstante al retraso que no ascendió a dos semanas más de lo planeado, todos los proyectos vinculados realizaron exitosamente la primera meta específica en el AP de Planeación de Proyectos: Establecer estimaciones.

El segundo requisito del piloto, luego de lograr que los proyectos vinculados realizaran la estimación de los proyectos, se centró en la obtención de los indicadores a nivel organizacional. Con los 8 indicadores definidos que cumplen con el segundo objetivo de negocio, se procedió por cada centro a obtener dichos indicadores, apoyados en el mecanismo de obtención de indicadores definido en el AP de Medición y Análisis. Posteriormente el Grupo Gestor de la Medición trabajó en la obtención de los indicadores a nivel organizacional (UCI). Durante el monitoreo de este subproceso se identificó un retraso considerable según lo planeado, debido a que la actividad de recolección y generación de los indicadores estaba concebida para que se realizara de forma automatizada mediante la herramienta Redmine, la cual no estuvo lista en tiempo y teniendo en cuenta el retraso se optó por realizar los indicadores con la ayuda de la herramienta Microsoft Excel (37). Teniendo en cuenta el retraso provocado por las dificultades mencionadas, el subproceso definido para la obtención de los indicadores de estimación a nivel organizacional se cumplió en un 100 %, cumpliendo así también con las metas y prácticas específicas del AP de Medición y Análisis del Programa de Mejora: SG 1. Alinear las actividades de medición y análisis. SG2. Proporcionar los resultados de la medición.

Es válido destacar que al ser el proceso “Obtener Indicadores de Estimación a nivel organizacional” un subproceso completamente novedoso para los proyectos de desarrollo de la UCI, la reacción al cambio teniendo en cuenta que nunca se habían realizado estas actividades propició con los resultados una buena aceptación por parte de los roles involucrados, quienes se mostraron impresionados con la utilidad de los indicadores en la actualización de la Herramienta del Método de Estimación y la retroalimentación organizacional de datos históricos para futuros análisis mucho más profundos.

7. Evaluar los resultados del piloto

La evaluación del piloto se basó esencialmente en revisar que las actividades definidas en los subprocesos relacionados con el Método de Estimación se realizaran y el análisis de la validez de los indicadores definidos, en función de determinar a modo general el grado de cumplimiento con respecto a los requerimientos del Modelo CMMI. La evaluación se realizó mediante una revisión general realizada por los consultores del SIE Center del Tecnológico de Monterrey, que son quienes llevan a cabo la consultoría del Programa de Mejora en la Universidad.

Con respecto al área de proceso de Planeación de Proyecto, donde se cuenta con el subproceso y Herramienta del Método de Estimación, los consultores se mostraron satisfechos con los resultados y señalaron como fortaleza el poder contar con una herramienta que ayude a ejecutar el subproceso de forma automatizada. Con la ejecución del subproceso “Obtener Indicadores de Estimación a nivel organizacional”, igualmente se mostraron satisfechos los consultores aunque la recomendación estuvo dada principalmente por ejecutar varias veces el piloto en función de perfeccionar los resultados de los mismos con una gama más amplia de datos y en su momento calibrar las entradas del método en función de requisitos específicos de software y/o líneas de código y no funcionalidades; o sea un Método de Estimación post- arquitectura perfeccionado que no se emplee solo en la etapa de Estudio Preliminar, sino en la etapa de Análisis y Diseño de los proyectos de desarrollo de la Universidad. En general todas las Prácticas Específicas abordadas en la evaluación de los consultores y que estuvieron relacionadas con el Método de Estimación fueron evaluadas como

completamente implementadas con un alto grado de satisfacción por parte de los consultores. En la siguiente figura 15 y 16 se muestra un resumen de los resultados en el AP de Planeación de Proyecto y el AP de Medición y Análisis respectivamente.

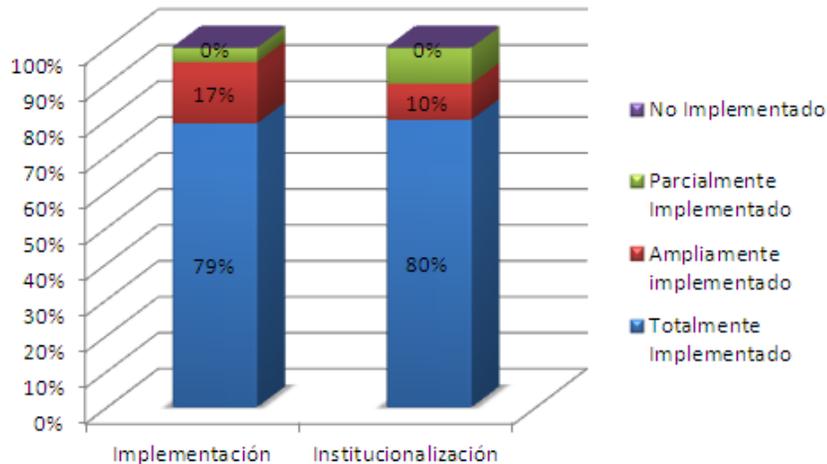


Figura 15 Estado de implementación del AP de Planeación de Proyectos (36)

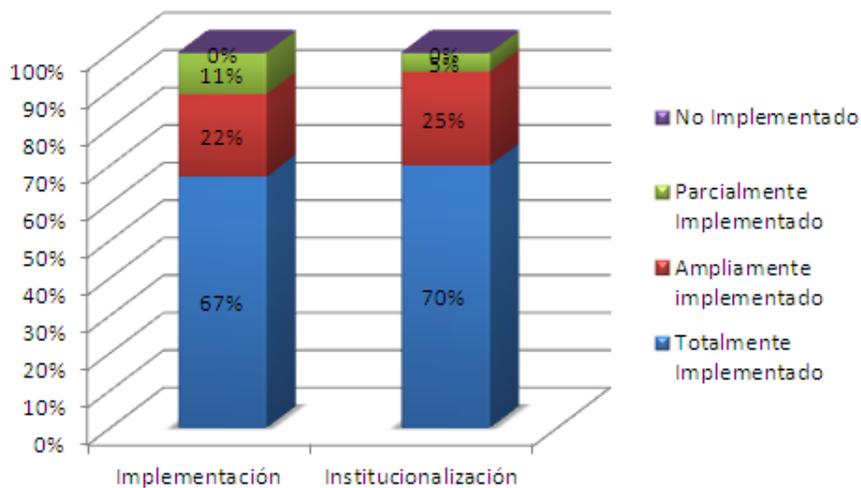


Figura 16. Estado de implementación del AP de Medición y Análisis. (36)

3.4 Validación de la efectividad de la Herramienta del Método de Estimación

Haciendo un análisis estadístico más profundo de la Herramienta del Método de Estimación y observando los resultados de los 8 indicadores de estimación, es preciso mostrar cuantitativamente los resultados de algunos:

3.4.1 Análisis del Indicador: Seguimiento al tiempo (porcentaje) Estimado y Real por actividades de los proyectos basados en CU.

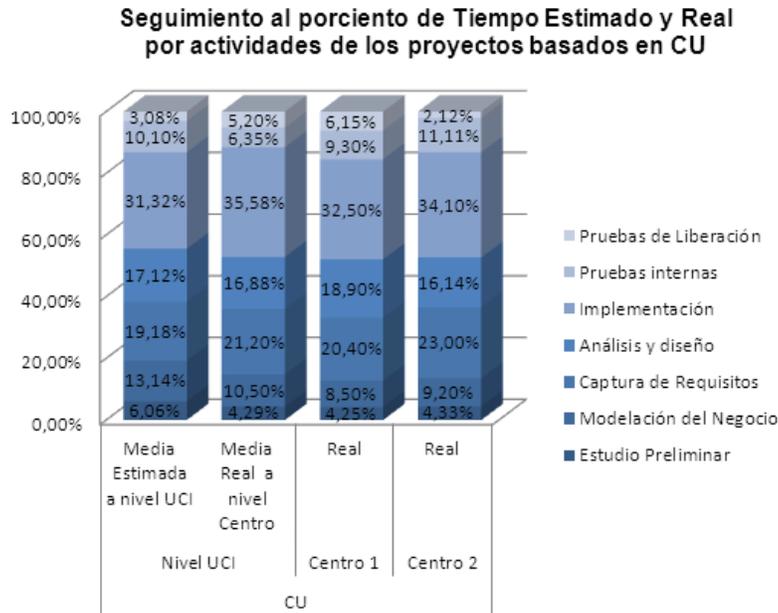


Figura 17 Seguimiento al tiempo (porcentaje) Estimado y Real por actividades de los proyectos basados en CU.

La gráfica muestra el seguimiento de tiempo estimado y real por actividades de los proyectos basados en CU. Destacar que este indicador está también concebido para proyectos basados en Procesos e Historias de Usuario, pero en la muestra seleccionada para el Piloto coincidieron en su totalidad proyectos basados en CU.

Si se realiza el análisis comparativo entre las actividades estimadas y reales se observan datos proporcionales con una desviación entre el 0.24% y 4.2%, lo cual no representa una desviación significativa y da a entender que los valores reales pueden pasar a ser los nuevos indicadores base a administrar, para el cálculo de las nuevas estimaciones de tiempos por actividades de los proyectos a desarrollar.

Si se observan los datos estimados a nivel UCI con los específicos de cada proyecto para un análisis más detallado, el comportamiento es similar.

3.4.2 Análisis del Indicador: Seguimiento al Tamaño Estimado y Real por actividades de los proyectos basados en CU.

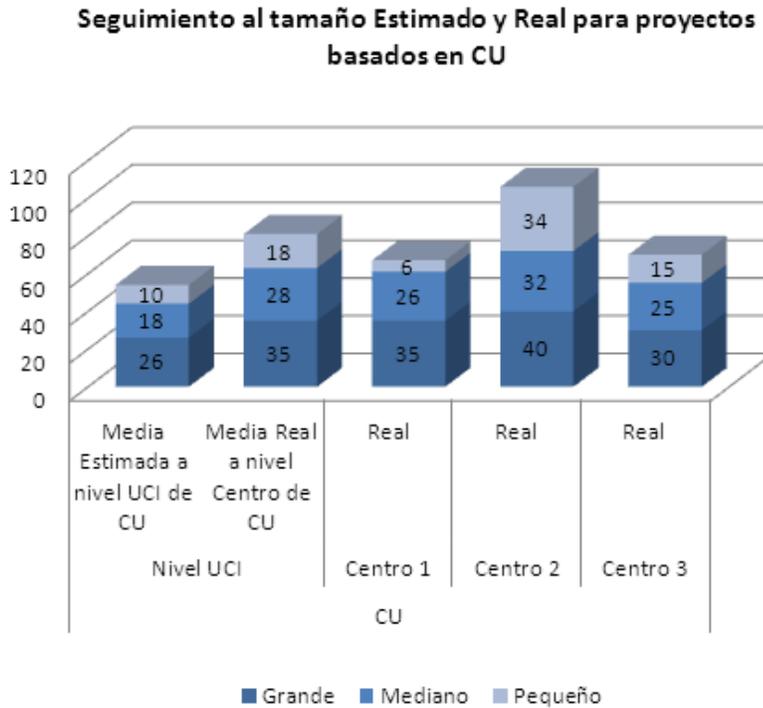


Figura 18. Seguimiento al Tamaño Estimado y Real por actividades de los proyectos basados en CU.

La gráfica muestra el seguimiento al tamaño estimado y real para proyectos basados en CU.

Si se realiza el análisis comparativo entre las medias estimadas y reales de CU a nivel UCI, se observará que ha habido un incremento en el caso de las medias reales de CU con respecto a las estimadas, para los paquetes funcionales Grandes, Medianos y Pequeños con una cantidad de 9, 10 y 8 CU respectivamente.

En este caso se debe considerar que aunque no se mantienen proporcionales en algunos casos, las medias reales pueden pasar a considerarse las medias estimadas, ya que representan un indicador más reciente a administrar en el cálculo de nuevas estimaciones de proyectos. En general el margen de error oscila entre 8 y 10 CU sobrevalorados, lo cual no representa a valoración cualitativa una cifra significativa y sí unos nuevos valores a tener en cuenta para actualizar con los datos más recientes estos indicadores con respecto a los indicadores estimados anteriormente.

3.4.3 Análisis del Indicador: Tendencia de Tiempo (horas) de implementación de un CU según la complejidad.

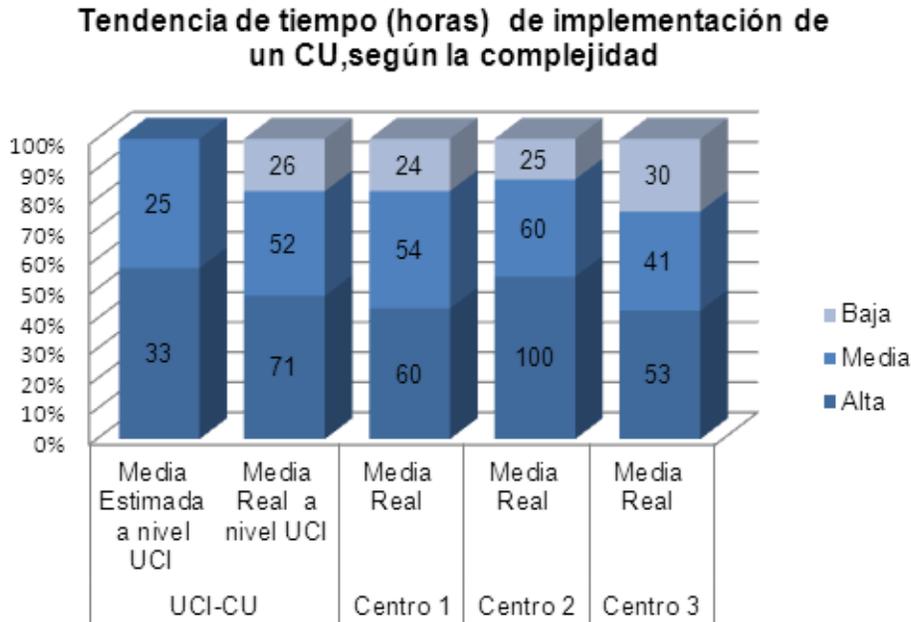


Figura 19. Tendencia de Tiempo (horas) de implementación de un CU según la complejidad.

En el caso del análisis para la tendencia de implementación de un Caso de Uso según la complejidad se observa que los valores reales han incrementado con respecto a los estimados y que además con respecto al año anterior, ya se cuenta con un indicador que muestra el tiempo de implementación de un CU de complejidad baja; medida cuantitativa con la que no se contaba hasta el momento. En este caso se puede tomar la decisión de tomar como indicadores estos nuevos valores para restablecer nuevas medias de estimaciones a nivel UCI, pero siempre tener en cuenta en la reunión de presentación de los indicadores la evaluación cualitativa de la Alta Gerencia (encargada de dar el visto bueno a los indicadores) a nivel UCI.

3.5 Evaluación del Método de Estimación: precisión de las estimaciones y calidad de predicción

Algunos expertos en el estudio de procesos de desarrollo de software (Conte, Dunsmore, De Marco y Shen) sugieren que un método es aceptable si la media del error relativo (MER) es menor o igual que el 25%, y si al menos el 75% de los valores predichos (pred) están dentro del 25% de sus correspondientes valores actuales. En términos de

evaluación de la certeza de un método dado, se considera un buen método aquel que consiga que $MER \leq 0,25$ y $pred(0,25) \geq 0,75$ (37).

La siguiente métrica calcula el error relativo (ER) en la estimación de un proyecto, siendo V_e el valor estimado y V_r el valor real (37)

$$ER = |V_r - V_e| / V_r$$

Luego, para conocer la precisión de las estimaciones se necesita obtener la media del error relativo para un conjunto de estimadores de n proyectos (37):

$$ER = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ER_i$$

La magnitud del error relativo será (37):

$$MER = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ER_i$$

Se considera el $MER = |ER|$. La métrica $pred$ proporciona una indicación del grado de ajuste para un conjunto de datos, basado en el valor de ER obtenido para cada dato.

Esta noción se usa para definir la métrica calidad de predicción. Para un conjunto de n proyectos, i es el número de ellos cuya magnitud media del error relativo es menor o igual que l ($l \leq 0,25$) y n es la cantidad de proyectos a evaluar.

$$Pred(l) = i/n$$

Basado en este estudio se evalúa la precisión de la estimación del método para el tiempo estimado y real, en los proyectos pilotos, pero antes de aplicar las métricas es necesario analizar la relación lineal de los proyectos para determinar de toda la población la muestra representativa en la que el comportamiento de los valores del tamaño fue semejante. En este caso la muestra seleccionada está dada por los proyectos que continúan a partir del proyecto 1 en la gráfica que se muestra a continuación. Ver Figura 20

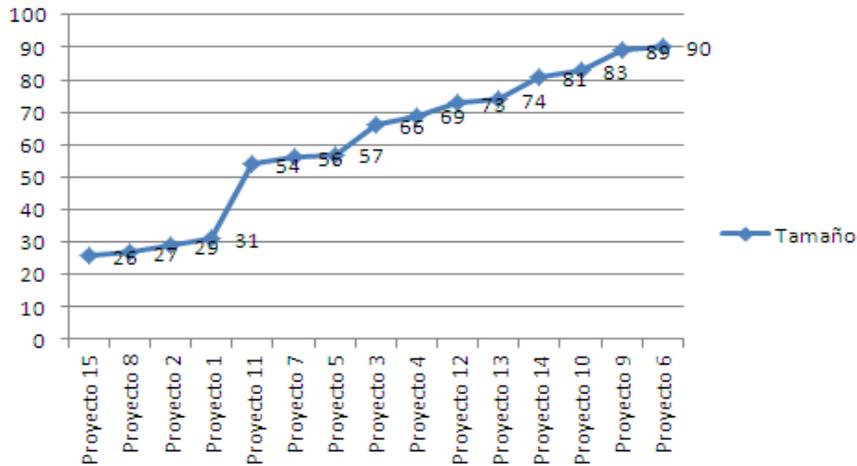


Figura 20. Relación lineal del tamaño (CU) real en los proyectos piloto.

Los resultados obtenidos de la evaluación de la precisión de los tiempos para la muestra de los tres proyectos, demuestran que el método es aceptable ya que $MER \leq 0,25$ y $pred(0,25) \geq 0,75$. Resultados: $MER=0,07$ y $pred(0,25) = 0,92$. Ver Anexo 1

Como resultado ilustrativo también se cuenta con el gráfico de tendencia de tiempo estimado y real de los proyectos piloto donde el margen de error osciló entre 0,2 y 10, 5 semanas de diferencia. Ver Figura 21

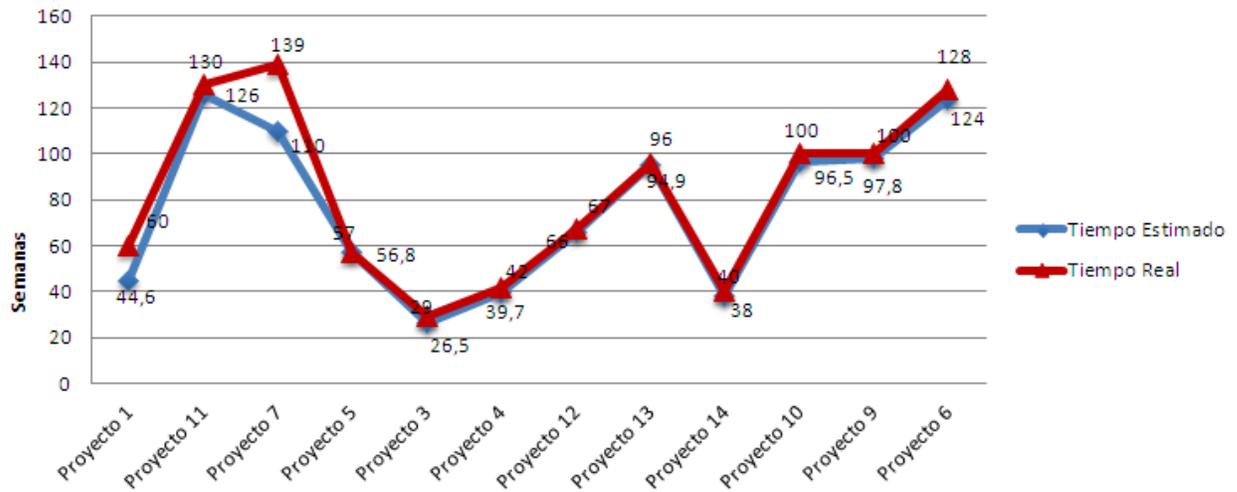


Figura 21 Tiempos (semanas) estimados y reales de los proyectos piloto con nivel de correlación.

3.6 Análisis comparativo

Otra de las técnicas empleadas para el análisis de la efectividad de la Herramienta del Método de Estimación radicó en realizar la comparación para el caso de tres proyectos estimados en el año 2002, de los cuales se obtuvieron registros históricos mediante consultas a los líderes de proyectos. Ver Figura 22

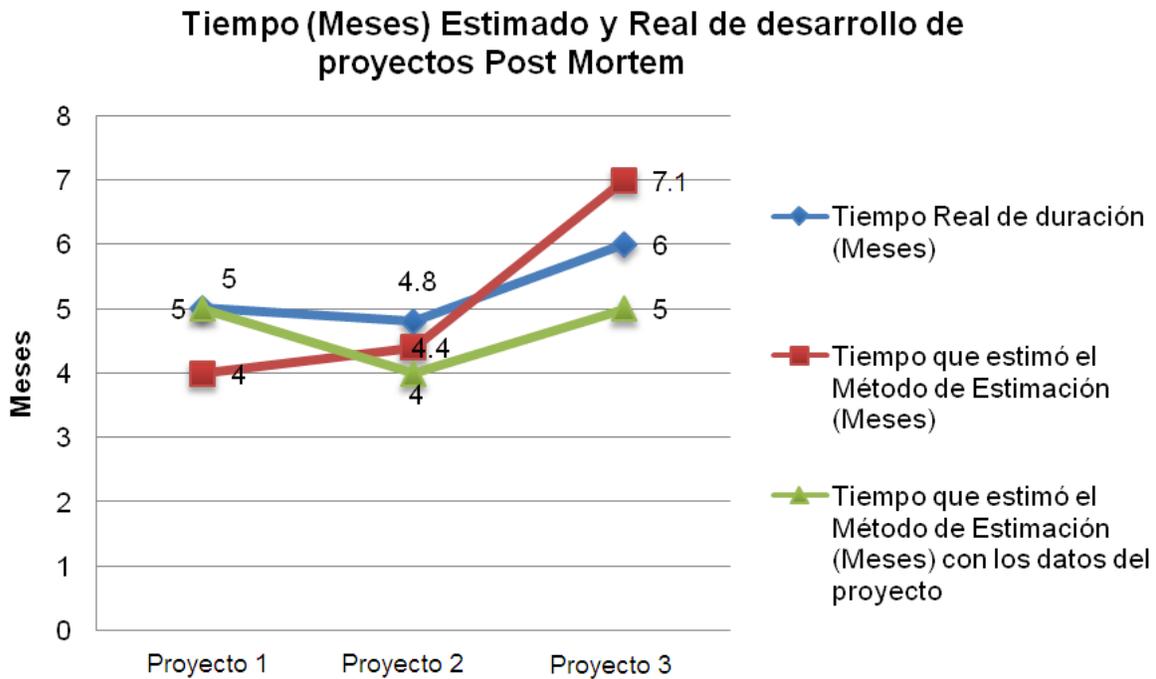


Figura 22 Tiempos (meses) estimados y reales en proyectos postmortem

- Si se compara el tiempo que estimó el método con sus indicadores propios (línea roja) se puede observar que con respecto al tiempo real la diferencia osciló en un mes y menos de un mes para el caso del proyecto 2 (el más grande de los tres proyectos en cuanto a casos de uso).
- Si se compara el tiempo que estimó el método con los indicadores de tamaño propios del proyecto (línea verde) se puede observar con respecto al tiempo real (línea azul) que quedó inferior, aunque en el caso del Proyecto 1 coincidió completamente.
- Si se observan las tres líneas de colores en general se puede apreciar que las tres se encuentran entre valores aproximados y que el método tanto con los

indicadores organizacionales, como con los indicadores propios de cada proyecto, valida la obtención de resultados favorables en un intervalo de 0- 1.1 meses de diferencia.

Como análisis final se valoró la comparación de los resultados que pudiesen haber obtenido los tres proyectos que en el capítulo 1 muestran resultados desfavorables empleando la Herramienta del Método de Estimación existente hasta el año 2008 y los resultados favorables obtenidos al estimar estos proyectos con la Herramienta del Método de Estimación definida en el presente trabajo.

3.7 Lecciones aprendidas del Piloto

A través del piloto se pudieron identificar de modo concreto lecciones aprendidas, así como también fortalezas:

Lecciones aprendidas:

La principal lección aprendida estuvo dada por la necesidad de monitorear más a fondo las actividades de obtención de los indicadores a nivel de centro y a nivel organizacional y la necesidad de estabilizar los roles en los proyectos para evitar retrasos en las actividades de capacitación y retrabajos. (33)

Fortalezas:

- Se cumplió con las Metas Específicas que define CMMI para las AP de Planeación de Proyecto y Medición y Análisis relacionadas con la definición de la Herramienta del Método de Estimación.
- Existe un Método de Estimación automatizado, estandarizado e institucionalizado que cuenta con la retroalimentación de datos históricos.
- Existe un proceso definido, documentado y probado para la obtención de los indicadores que retroalimentan la Herramienta del Método de Estimación.

3.8 Conclusiones parciales

- Se definieron ocho indicadores de estimación con el propósito de retroalimentar el Método de Estimación y obtener estimaciones más certeras.
- Se realizó la validación de la efectividad de la Herramienta del Método de Estimación mediante un piloto basado en el Modelo IDEAL que propone CMMI en quince proyectos seleccionados de los tres centros vinculados en el Piloto del Programa de Mejora, obteniéndose resultados favorables durante la ejecución.
- Se evaluó la precisión de las estimaciones y la calidad de la predicción mediante el cálculo de MER demostrando el grado de aceptación de la Herramienta del Método de Estimación.
- Los resultados del pilotaje fueron evaluados oportunamente por los consultores involucrados y del mismo equipo participante en la ejecución de las tareas, y en todos los casos el criterio fue muy positivo, incorporándose algunas lecciones aprendidas.

Conclusiones

1. Se realizó el diseño e implementación de un Método de Estimación en correspondencia con las características y necesidades de los proyectos de desarrollo de software de la UCI.
2. Se realizó la definición del subproceso “Estimar y consultar proyectos” como parte del AP de Planeación de Proyectos de CMMI y sustentado por la herramienta automatizada basada en las características particulares del desarrollo de software en la Universidad.
3. Se realizó la definición del subproceso “Obtener indicadores de estimación a nivel organizacional” como parte del AP de Medición y Análisis de CMMI, para corresponder con la retroalimentación y la toma de decisiones y así obtener estimaciones más certeras y sustentadas cuantitativamente.
4. Se definieron ocho indicadores de estimación que ayudan a actualizar y administrar la Herramienta del Método de Estimación para proyectos de desarrollo de software de la UCI.
5. Se ejecutaron adecuadamente los subprocesos propuestos en un marco de pilotaje propicio por el Programa de Mejora de Procesos, desarrollándose oportunamente las distintas etapas solicitadas por el Modelo IDEAL utilizado en el Programa de Mejora de Procesos llevados a cabo en la UCI.
6. Se validó la efectividad y precisión de los resultados del Método de Estimación a través de la evaluación de los resultados del pilotaje por los consultores del Programa de Mejora, resultando evaluada como útil y efectiva para solventar los objetivos propuestos a partir de las necesidades identificadas.

Recomendaciones

Se pueden realizar algunas recomendaciones como seguimiento a partir de las experiencias percibidas en el piloto y las lecciones aprendidas:

- Realizar varias iteraciones del subproceso “Obtener indicadores de estimación a nivel organizacional” para obtener indicadores más precisos y por ende estimaciones más certeras.
- Aplicar el Método de Estimación durante el ciclo de vida del proyecto con vistas a obtener resultados de estimaciones post-arquitectura y validar sus resultados a corto y largo plazo.
- Valorar la posibilidad de calibrar el Método de Estimación en función de contar con entradas basadas en Casos de Uso, Historias de Usuario y Procesos y no Paquetes Funcionales, ajustando así los indicadores de estimación en un nivel más detallado.
- Ampliar el uso de la Herramienta del Método de Estimación en proyectos de desarrollo de software dentro y fuera de la Universidad y así contar a nivel nacional con abundante registros históricos que sirvan de base en futuros análisis estadísticos y ayuden a la toma de decisiones.

Bibliografía Referenciada

1. *Proyectos Informáticos: Fracasos y Lecciones Aprendidas*. **Thompson, Donaval Neil**. 4, Costa Rica : UNED, Costa Rica, 2006.
2. **Group, Standish**. Reino Unido : s.n., 2009.
3. **Lynch, Jennifer**. *New Standish Group report*. Boston, MA, USA : s.n., December 14, 2010.
4. materiabiz. [En línea] Manuel Sbdar, 2006. [Citado el: 15 de marzo de 2011.] <http://www.materiabiz.com/mbz/staff.vsp>.
5. **Group, Standish**. Reino Unido : s.n., 2009.
6. **Jhomson, Jim**. *New Standish Group report shows more project failing and less successful projects*. Boston, Massachusetts : s.n., Abril 23, 2009.
7. *Estimación del Esfuerzo basado en Casos de Uso*. **Peralta, Mario**. Buenos Aires : s.n., 2007.
8. **U.Army, D.o.D and**. "Oficial Practical Software and Systems Measurement Web Site". [En línea] 2007. <http://www.psmc.com/>.
9. **M.M.S, Capuchino A**. "Control y gestión de proyectos software, Unidad 4: Estimación de Proyectos Software". 1996.
10. *Universidad Politécnica de Valencia*. [En línea] [Citado el:] <http://www.upv.es/entidades/DPI/>.
11. ISD Iniciativa Social para la Democracia. La Planificación. [En línea] [Citado el: 4 de enero de 2012.] <http://www.isd.org.sv/publicaciones/documents/LAPLANIFICACION.pdf>.
12. **Leon, Rolando Alfredo Hernández**. *El Paradigma cuantitativo de la Investigación Científica*. 2002. ISBN: 959-16-0343-6.
13. **Estrada, Dra. Ailyn Febles**. *LIBRO DEL DIAGNÓSTICO 2009 ÁREA: UCI*. 2009.
14. **Brito, Dayami Rodríguez y Días, Haydee Fernández**. *Análisis del método de Estimación empleado para el desarrollo del proyecto SIGEP*. La Habana : s.n., 2007.
15. **Estrada, Dra. Ailyn Febles**. *LIBRO DEL DIAGNÓSTICO 2007 ÁREA: UCI*. 2007.
16. **Estrada, Dra Ailyn Febles**. *LIBRO DEL DIAGNÓSTICO 2008 ÁREA: UCI*. 2008.
17. **Estrada, Dra Ailyn febles**. *LIBRO DEL DIAGNÓSTICO 2010 ÁREA: UCI*. La Habana : s.n., 2010.
18. **Kan S, H**. *Metrics and Models in Software Quality Engineering*. 2000.
19. **Pressman, Roger S**. *Ingeniería de Software. Un Enfoque Práctico*. 2008.
20. **ISO, Familia**. *International Standard. ISO/IEC 15939. Systems and software engineering- Measurement process*. s.l. : ISO/ IEC FDIS 15939> 2006(E), 2006. ISO/IEC 15939.

21. **L, Hurtado L.** *La primera comunidad libre donde aprender y compartir.* 2007.
22. **15939:2007, ISO/IEC.** International Standards for Business, Government and Society. ISO/IEC 15939:2007. [En línea] 2011. [Citado el: 4 de enero de 2012.] http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=44344.
23. **MÉTRICAS DEL SOFTWARE: Conceptos básicos, definición y formalización. Calidad de Sistemas de Software.** **Muñoz, Dra. Coral Calero.** Universidad de Castilla-La Mancha : s.n., Octubre de 2006.
24. **"Estimación de Proyectos Software". C.A, María M. S.** 1998.
25. **Estimación de Proyectos para sistemas basados en Conocimiento.** **Ovejero.** 2006.
26. **L.M, Escorail.** *Calidad de Software. Medidas del Proceso.* 2006.
27. **J, Marcelo.** *Técnicas de Estimación y Seguimiento.* 2006.
28. **Peralta, Mario.** *Estimación del Esfuerzo Basado en Casos de Uso. Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento (CAPIS).* Buenos Aires. Argentina : s.n.
29. **Gestión., Servicios de Formación on-line en Sistemas de.** Hispanía Servises. Sistemas de Gestión HS- DM. [En línea] Familia ISO, 2011. [Citado el: 5 de enero de 2012.] <http://www.hispaniaservices.com/>.
30. **Paul Plummer, Paul.** Estimate Master . Coon Creek Software. [En línea] [Citado el: 5 de Febrero de 2010.] <http://www.cooncreeksoftware.com/index.html>.
31. **Torres, Irina Napal.** *Propuesta de Subprocesos de Medición basados en CMMI para la Universidad de las Ciencias Informáticas.* La Habana, Cuba : s.n., 2010.
32. **productos, CMMI Guía para la integración e procesos y la mejora de.** *Mary Beth Chriss, Mike Konrad, Sandy Shrum.* Madrid : Pearson Educación, S.A, 2009. 9788478290963.
33. **Torres, Irina Napal.** *MA 0325_Objetivos, Preguntas e Indicadores v2.0.* La Habana. Cuba : s.n., 2009.
34. **McFeeley, Bob.** *IDEALSM: A User's Guide for Software Process Improvement.* Software Engineering Institute. Carnegie Mellon University : Handbook , 1996. CMU/SEI-96-HB-001.
35. **Gil, Blanca.** *Reporte de Revisión- CMMI, Nivel 2.* La Habana. Cuba : s.n., 2009.
36. —. *Presentación de resultados Piloto.* La Habana. Cuba : s.n., 2010.
37. **Cerrillo, D.** *Estimación del Software.* 1999.
38. **Blanco, Karine Ramos.** *IPP-3540:2009 Libro de Proceso para la Planeación del Proyecto.* La Habana. Cuba : s.n., 2009. IPP-3540.
39. **Torres, Irina Napal.** *10-07-02_Libro de Proceso para Medición y Análisis .* La Habana. Cuba : s.n., 2009.

40. **Irina Napal Torres, Dayami Rodríguez Brito, Lissette Rodríguez Verdecia.** *MA 5507_Guia para la obtencion de reportes de indicadores con el Redmine v1.0.* La Habana. Cuba : s.n., 2009.

41. **Alejandro Morales, Danelys Zamora Suri, Dayami Rodríguez Brito, Miguel Angel Monagas Reyes.** *Herramienta para la Estimación de los proyectos de desarrollo de software.* La Habana, Cuba : s.n., 2010.

Anexo 1: Evaluación de la precisión en los proyectos piloto para el año 2010

Proyecto	Tamaño	Tiempo Estimado	Tiempo Real	ER= Vr- Ve / Vr
Proyecto 1	31	44,6	60	0,26
Proyecto 11	54	126	130	0,03
Proyecto 7	56	134,7	139	0,2
Proyecto 5	57	56,8	57	0
Proyecto 3	66	26,5	29	0,07
Proyecto 4	69	39,7	42	0,05
Proyecto 12	73	66	67	0,02
Proyecto 13	74	94,9	96	0,01
Proyecto 14	81	38	40	0,05
Proyecto 10	83	96,5	100	0,04
Proyecto 9	89	97,8	100	0,02
Proyecto 6	90	124	128	0,03

$$\frac{1}{12}$$

$$MER = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} MER_i$$

$$i=1$$

$$\frac{1}{12}$$

$$MER = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} (0,26 + 0,03 + 0,2 + 0 + 0,07 + 0,05 + 0,02 + 0,01 + 0,05 + 0,04 + 0,02 + 0,03)$$

$$i=1$$

$$MER = \mathbf{0,07}$$

$$Pred(0,25) = i/n$$

$$Pred(0,25) = 11/12$$

$$Pred(0,25) = \mathbf{0,92}$$

Anexo 2: Indicadores de Estimación

Indicador: Seguimiento al tamaño estimado y real de los proyectos basados en (Casos de Uso, Proceso, Historia de Usuario).

- 1.1 ¿El tamaño real de los Paquetes Funcionales (Grandes, Medianos y Pequeños) de proyectos basados en (Casos de Uso, Proceso, Historia de Usuario) están proporcionales al tamaño medio estimado a nivel UCI?
- 1.2 ¿Cuál es la media real de (Casos de Uso, Proceso, Historia de Usuario) a nivel UCI?
- 1.3 ¿Cuáles son los proyectos que no se acercan a los valores medios estimados a nivel UCI de Paquetes Funcionales Grandes, Medianos y pequeños?
- 1.4 ¿Cuál es el máximo y mínimo de los valores medios para un proyecto o a nivel UCI de Paquetes Funcionales Grandes, Medianos y/o Pequeños según (Casos de Uso, Proceso, Historia de Usuario)?

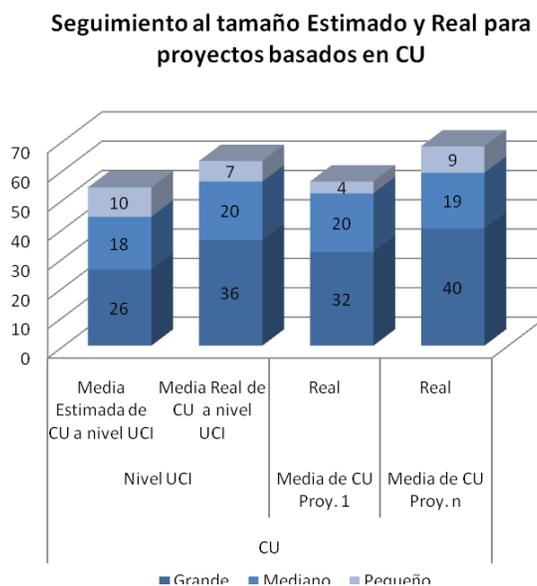


Figura 1. Indicador Seguimiento al tamaño Estimado y Real para proyectos basados en (Casos de Uso, Proceso, Historia de Usuario).

Datos y Ejes representados:

Eje horizontal: Representación de valores del tamaño estimado y real, según los proyectos basados en (Casos de Uso, Proceso, Historia de Usuario) y la complejidad de los Paquetes Funcionales Grandes, Medianos y Pequeños.

Eje vertical: Representa las cantidades medias de (Casos de Uso, Proceso, Historia de Usuario) estimadas y reales a nivel UCI y de proyecto.

Interpretando este indicador:

Con ayuda del gráfico Seguimiento a tamaño estimado y Real, se debe analizar:

- Si para un área en específico, los colores de las barras Azul Oscuro, Azul y Azul Claro de los proyectos y la barra Media Real a nivel UCI están muy por encima de los colores Azul Oscuro, Azul y Azul Claro de la barra de la Media Estimada a nivel UCI se infiere que hay que sobreestimar y actualizar los valores de los colores de la barra Media Estimada a nivel UCI.

Escenario Ideal:

Cuando en el gráfico se distingue que las medias de los colores Azul Oscuro, Azul y Azul Claro de la barra de los proyectos y la barra Media Real a nivel UCI están al mismo nivel o proporcionales a los colores Azul Oscuro, Azul y Azul Claro de la barra de la Media Estimada a nivel UCI, indica que los valores de los colores de la barra Media Estimada a nivel UCI pueden mantenerse y que las estimaciones están regularmente cercanas a la realidad.

Indicador: Seguimiento al tiempo (porciento) de las actividades de proyectos basados en (Casos de Uso, Proceso, Historia de Usuario).

1. ¿El tiempo real de las actividades a nivel UCI y de los proyectos basados en Casos de Uso (CU) están proporcionales al tiempo medio estimado a nivel UCI?
2. ¿Cuál es la media real de los tiempos por actividades a nivel UCI?
3. ¿Cuáles son los proyectos que no se acercan a los valores medios por actividades estimadas a nivel UCI?
4. ¿Cuál es el máximo y mínimo de los valores reales de las actividades para un proyecto o a nivel UCI según los proyectos basados en CU?

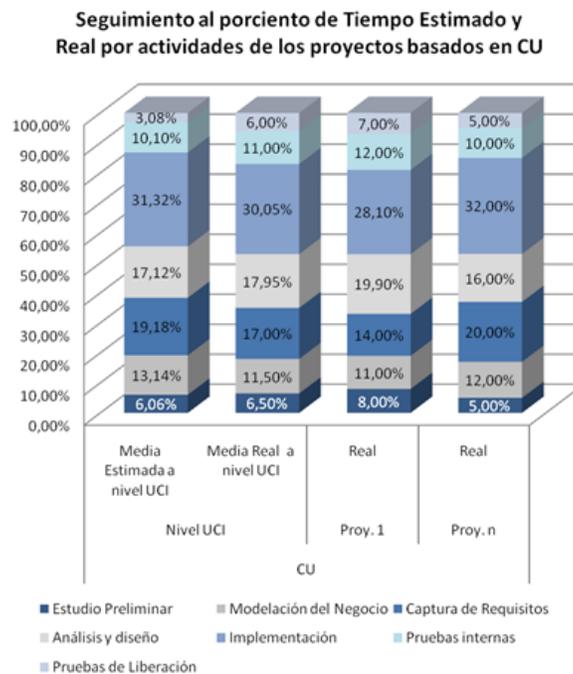


Figura 2. Indicador: Seguimiento al tiempo Estimado y Real para proyectos basados en (Casos de Uso, Proceso, Historia de Usuario).

Datos y Ejes representados:

Eje horizontal: Representación de valores del tiempo estimado y real, agrupados a su vez por los proyectos basados en CU y la complejidad de los Paquetes Funcionales Grandes, Medianos y Pequeños.

Eje vertical: Representa la cantidad media de tiempo estimada y real a nivel UCI y de proyecto de cada actividad.

Interpretando este indicador:

Con ayuda del gráfico Seguimiento al tiempo estimado y Real, se debe analizar:

- Si los colores de las barras de los proyectos y los colores de la barra Media Real a nivel UCI están muy desproporcionales de los colores de la barra de la Media Estimada a nivel UCI se infiere que hay desviación de los porcentajes y necesidad de sobrestimar el porcentaje de cada actividad para la barra Media Estimada a nivel UCI.

Escenario Ideal:

Cuando en el gráfico se distingue que las medias de los colores de todas las barras están equilibradas, o al menos el de las barras Media Real de los proyectos, indica que los valores de los colores de la barra Media Real a nivel UCI puede pasar a ser la Media Estimada a nivel UCI para próximas estimaciones de proyectos.

Indicador: Personal dedicado a la producción

1. ¿Hay mayor cantidad de trabajadores y/o estudiantes vinculados a tiempo completo?
2. ¿Qué cantidad de estudiantes hay vinculados a tiempo completo y a tiempo parcial en la producción?
3. ¿Qué cantidad de Profesionales (Profesores, Especialistas Funcionales y Técnicos) hay vinculados a tiempo completo y a tiempo parcial en la producción?
4. ¿Se puede mantener como promedio de trabajo diario el trabajo de dos sesiones al día?



Figura 3. Indicador Personal dedicado a la Producción.

Datos y Ejes representados:

Eje horizontal: Representación de valores del total de personas vinculadas a la producción a nivel UCI, el Total de Trabajadores y Estudiantes, una barra para la cantidad de profesionales y estudiantes que trabajan las tres sesiones de trabajo y una última barra para identificar del total de personas vinculadas a la producción cuáles trabajan a tiempo completo y cuáles a tiempo parcial.

Eje vertical: Representa las cantidades de estudiantes y profesionales.

Interpretando este indicador:

Con ayuda del gráfico Personal dedicado a la producción, se debe analizar la sesión de trabajo que gana en cantidad de estudiantes y profesionales vinculados a la producción.

Escenario Ideal:

Cuando en el gráfico se distingue en la barra Sesiones de trabajo diario que el color azul es menor que el azul claro y azul verdoso y en la barra Total de vinculados a tiempo parcial y tiempo completo el color Gris oscuro es mayor que el azul claro claro, indica que la mayor cantidad de personas vinculadas a la producción a nivel UCI trabajan dos sesiones de trabajo como promedio diario.

Indicador: Tendencia de tiempo (horas) de implementación de un CU, HU y Proceso según la complejidad por un programador.

1. ¿Cuánto demora como promedio actualmente implementar un CU, Historia de Usuario y Proceso según la complejidad Alta, Media y Baja?
2. ¿Se mantienen las medias reales de tiempo (horas) de implementación de un CU, Historia de Usuario y Proceso según la complejidad Alta, Media y Baja con respecto a las estimadas por el orden de los mismos valores?
3. ¿Actualmente demora en implementarse más un CU, una Historia de Usuario o un Proceso según su complejidad (Alta, Media, Baja)?

4. ¿Se puede mantener las medias estimadas para implementar un CU, Historia de Usuario y Proceso según la complejidad Alta, Media y Baja?

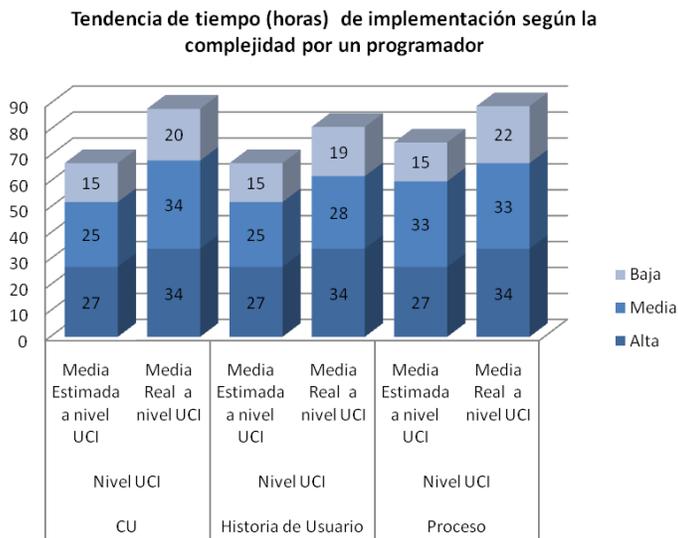


Figura 4. Indicador Tendencia de tiempo (horas) de implementación de un CU, HU y Proceso según la complejidad por un programador.

Datos y Ejes representados:

Eje horizontal: Representa las barras de las Medias estimadas y reales del tiempo de implementación ya sea de un CU, HU y Proceso.

Eje vertical: Representa las Medias estimadas y reales del tiempo de implementación ya sea de un CU, HU y Proceso de complejidad Alta, Media y Baja.

Interpretando este indicador:

Con ayuda del gráfico se debe analizar si las medias estimadas por complejidades ya sean para CU, HU y/o Proceso se mantienen acorde a lo estimado.

Escenario Ideal:

Cuando en el gráfico se distingue que las barras de las medias estimadas y reales por cada área (CU, HU, Proceso) los colores Azul Oscuro, Azul y Azul Claro se mantengan equilibrados o iguales, indica que hay un seguimiento equilibrado de las medias estimadas anteriormente y no hay necesidad de realizar un análisis más profundo porque se pueden mantener los indicadores estimados.

Anexo 3: Descripción gráfica y textual: Subproceso Estimar y Consultar Proyectos
(23)

IPP-3542:2009 – Estimar y Consultar proyectos.				
Criterios de Entrada		Se recibe la Notificación de Registro de usuarios e identificadores de proyectos.		
Criterios de Salida		Se realizaron estimaciones y se consultaron proyectos en la Herramienta de Estimación de Proyectos.		
Roles	Entrada	Control (Guías y Plantillas)	Actividades	Salida
			Inicio	
- Jefe de Proyecto.	- Notificación de Registro de usuarios e identificadores de proyectos.	- Herramienta del Método de Estimación. - Video Tutorial de la Herramienta del Método de Estimación. - Manual de Usuario de la Herramienta del Método de Estimación.	1. Autenticarse en la Herramienta del Método de Estimación.	- Usuario autenticado.
- Jefe de Proyecto.			2. ¿Consultar proyectos y estimaciones?	
- Jefe de Proyecto.			[No] 3. ¿Estimar proyectos?	
- Jefe de Proyecto.	-Relación de Paquetes Funcionales con los atributos: Complejidad y Reutilización. - Lista de Factores con los atributos: Complejidad y Cantidad. - Cantidad de personas por Roles. - Tiempos pactados por las actividades Pruebas de Aceptación, Piloto, Despliegue, Soporte. - Costo pactado para el Soporte.	- Video Tutorial de la Herramienta del Método de Estimación. - Herramienta del Método de Estimación. - Manual de Usuario de la Herramienta del Método de Estimación.	[Si] 4. Obtener estimaciones de proyectos.	- Tiempos estimados por actividades: Horas, Semanas, Meses, Años - Tiempo Mínimo y Máximo de desarrollo del proyecto: Horas, Semanas, Meses, Años - Costo de Software: Tarifas Horarias. - Reporte de Estimación generado por la Herramienta de Estimación.
- Jefe de Proyecto.	- Nombre del Proyecto - Líder - Centro - Estructura Productiva - Fecha - Tipo de Medida - Tipo de Estimación	- Video Tutorial de la Herramienta del Método de Estimación. - Herramienta del Método de Estimación. - Manual de Usuario de la Herramienta del Método de Estimación.	[No] 5. Obtener resultados de las consultas	- Relación de Proyectos consultados. - Reporte de Estimación generado por la Herramienta de Estimación.
- Jefe de Proyecto.		- Video Tutorial de la Herramienta del Método de Estimación. - Herramienta del Método de Estimación. - Manual de Usuario de la Herramienta del Método de Estimación.	6. Salir de la Herramienta del Método de Estimación	
			Fin	

Figura 5. Descripción gráfica: Subproceso Estimar y Consultar Proyectos.

Descripción textual: Subproceso Estimar y Consultar proyectos.

Criterios de Entrada: Se recibe la Notificación de Registro de usuarios e identificadores de proyectos

Criterios de Salida: Se realizaron estimaciones y se consultaron proyectos en la Herramienta de Estimación de Proyectos

Actividades a seguir:

1. Autenticarse en la Herramienta del Método de Estimación.
 - 1.1 Recibir la notificación de Registro de usuario e identificador del proyecto vía correo por el Gestor de la Medición. (Jefe de Proyecto)
 - 1.2 Entrar a la Herramienta del Método de Estimación “<http://estima.prod.uci.cu>”. (Jefe de Proyecto)
 - 1.3 Insertar el usuario y la contraseña en dependencia de la notificación recibida como usuario UCI o usuario local. (Jefe de Proyecto)
 - 1.4 En caso que la notificación se haya recibido como usuario local, en la misma deberá estar contemplada la contraseña de acceso. (Jefe de Proyecto). Como salida de esta actividad el Usuario queda autenticado.
2. ¿Consultar proyectos y estimaciones?
 - 2.1 Si no se desea realizar consulta a proyectos y/o estimaciones pasar a ejecutar la actividad 3. (Jefe de Proyecto)
 - 2.2 Si se desea consultar proyectos y/o estimaciones pasar a ejecutar la actividad 5. (Jefe de Proyecto)
3. ¿Estimar Proyectos?
 - 3.1 Si no se desea incluir un proyecto a estimar salir de la Herramienta del Método de Estimación. (Jefe de Proyecto)
 - 3.2 Si se desea incluir un proyecto a estimar pasar a ejecutar la actividad 4. (Jefe de Proyecto)
4. Obtener estimaciones de proyectos
 - 4.1 Seleccionar en el menú de la Herramienta del Método de Estimación la opción “Incluir Proyecto”. (Jefe de Proyecto)
 - 4.2 Insertar datos (Jefe de Proyecto):
 - Seleccionar Identificador

- Nombre del Jefe de Proyecto
 - Centro al que Pertenece el proyecto a estimar.
 - Seleccionar la Estructura Producción
 - Relación de Paquetes Funcionales con los atributos Complejidad y Reutilización.
 - Lista de Factores con el atributo Complejidad y Cantidad
 - Cantidad de personas por Roles
 - Tiempos pactados por las actividades Pruebas de Aceptación, Piloto, Despliegue, Soporte
- 4.3 Incluir el proyecto. (Jefe de Proyecto)
 - 4.4 Obtener la estimación del proyecto en la opción “Ver Estimación”. (Jefe de Proyecto)
 - 4.5 Modificar los datos incluidos en caso necesario. (Jefe de Proyecto)
 - 4.6 Eliminar los datos incluidos en caso necesario. (Jefe de Proyecto)
 - 4.7 Obtener reporte de los datos incluidos. (Jefe de Proyecto)
 - Tiempos estimados por actividades: Horas, Semanas, Meses, Años
 - Tiempo Mínimo y Máximo de desarrollo del: Horas, Semanas, Meses, Años
 - Reporte de Estimación generado por la Herramienta de Estimación.
5. Obtener resultados de las consultas
 - 5.1 Seleccionar en el menú de la Herramienta del Método de Estimación la opción “Consultar Proyectos” y/o “Consultar Estimaciones”. (Jefe de Proyecto)
 - 5.2 Si se selecciona la opción “Consultar Proyectos” insertar al menos un criterio de búsqueda entre las siguientes opciones (Jefe de Proyecto):
 - Nombre del Proyecto
 - Líder
 - Centro
 - Estructura Productiva
 - Fecha
 - Tipo de Medida

 - Tipo de Estimación
 - 5.3 En dependencia de los permisos sobre los proyectos consultados, los usuarios tendrán acceso a ver las estimaciones, los datos generados, modificar y eliminar. (Jefe de Proyecto)

5.4 Si se selecciona la opción —Consultar Estimaciones|| insertar al menos un criterio según las opciones y los rangos establecidos (Jefe de Proyecto):

- Tiempo Total Mínimo
- Tiempo Total Máximo
- Tipo de Medida
- Tipo de Estimación
- Fecha Inicial
- Fecha Final

5.5 Ver las estimaciones de los proyectos mostrados en la búsqueda. (Jefe de Proyecto)

5.6 Pasar a ejecutar la actividad 3. (Jefe de Proyecto)

- Relación de Proyectos consultados en la Herramienta de Estimación
- Reporte de Estimación generado por la Herramienta de Estimación)

6. Salir de la Herramienta del Método de Estimación (Jefe de Proyecto)

Anexo 4: Descripción gráfica y textual: Subproceso Obtener Indicadores de Estimación a nivel organizacional (23)

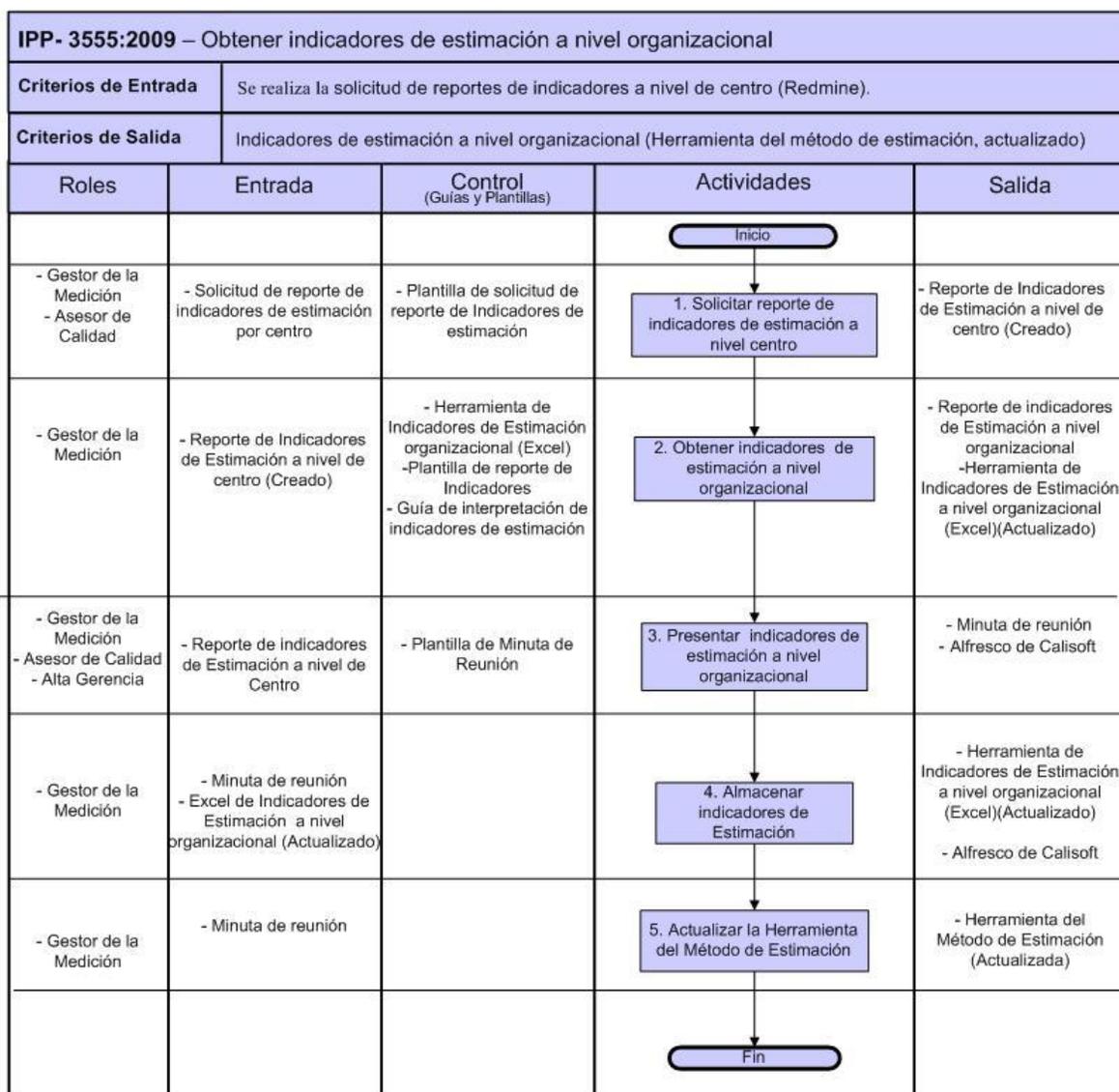


Figura 6. Descripción gráfica: Subproceso Obtener Indicadores de Estimación a nivel organizacional (24)

Descripción textual: Subproceso Obtener Indicadores de Estimación a nivel organizacional

Criterios de Entrada: Se realiza la solicitud de reportes de indicadores a nivel de centro (Redmine).

Criterios de Salida: Indicadores de estimación a nivel organizacional (Herramienta del método de estimación, actualizado)

- Solicitar reporte de indicadores de estimación a nivel centro
 - 1.1 Solicitar los reportes de estimación en la herramienta reportadora del Redmine¹⁶ de la Dirección Técnica de la universidad. Incluir en la solicitud de los reportes los datos de las medias estimadas y la condición de que los reportes son solo para los proyectos en estado terminados. (Gestor de la Medición).
 - 1.2 Enviar notificación de envío de los reportes de los indicadores de estimación a nivel de centro a los Asesores de Calidad de los centros a través del Redmine de los centros o vía correo (Gestor de la Medición)
 - 1.3 Obtención de los reportes de los indicadores a nivel de centro. (Asesor de la Calidad).
 - 1.4 Guardar los reportes de indicadores de estimación en el Alfresco¹⁷ del centro Calisoft. (Asesor de la Calidad). Como salida de esta actividad se obtiene el Reporte de Indicadores de Estimación a nivel de centro (Creado)
- Obtener indicadores de estimación a nivel organizacional.(25)
 - 2.1 Insertar en la Herramienta de Indicadores de Estimación organizacional los indicadores de estimación de los proyectos por centro. (Gestor de la Medición)
 - 2.2 Realizar el análisis de tendencia del tamaño agrupando los proyectos de cada centro según el tipo de medida (Casos de Uso, Historias de Usuario, Proceso) y tamaño para realizar los análisis a proyectos con comportamiento similar. (Gestor de la Medición).
 - 2.3 Hallar media del tamaño, del porciento de tiempo por actividades, promedio de trabajo diario, tiempo de implementación. (Caso de Uso Historia de Usuario Proceso). (Gestor de la Medición).

¹⁶ Redmine: Una herramienta de software libre. Ofrece gestión integral de proyectos y permite cubrir todo el proceso de creación, desarrollo y cierre de un proyecto. Permite recoger toda la información posible del ciclo de vida de un proyecto y hacer seguimiento sobre la evolución de los proyectos.

¹⁷ Alfresco es un sistema de administración de contenidos [libre](#), basado en estándares abiertos y de escala empresarial para sistemas operativos tipo [Unix](#) y otros. Fundado en 2005 por John Newton, cofundador de [Documentum](#) y John Powell.

2.4 Analizar los indicadores de estimación a nivel organizacional apoyados en la “Guía de Interpretación de los indicadores”. (Gestor de la Medición).

2.5 Obtener los reportes de indicadores de Estimación a nivel organizacional. (Gestor de la Medición).

- Reporte de indicadores de Estimación a nivel organizacional

- Herramienta de Indicadores de Estimación a nivel organizacional (Actualizado)

3. Presentar indicadores de estimación a nivel organizacional

3.1 Presentar en una reunión con el apoyo de una presentación Power Point los indicadores de estimación a nivel organizacional. (Gestor de la Medición, Asesor de Calidad, Alta Gerencia).

3.2 En caso de existir diversidad de criterios con los indicadores de estimación a nivel organizacional presentados, tomar como decisión los indicadores a actualizar en la herramienta del método de estimación y documentar en la minuta de la reunión. (Gestor de la Medición, Asesor de Calidad, Alta Gerencia).

3.3 Aprobar los indicadores a actualizar en herramienta del Método de Estimación (Gestor de la Medición, Asesor de Calidad, Alta Gerencia).

3.4 Guardar la Minuta de la reunión de presentación de los indicadores de estimación a nivel organizacional en el Alfresco del centro Calisoft. (Gestor de la Medición).

4. Almacenar indicadores de Estimación

4.1 Insertar los indicadores en la página de históricos de la “Herramienta de Indicadores de Estimación a nivel organizacional (Excel)”. (Gestor de la Medición).

4.2 Almacenar los indicadores de Estimación a nivel organizacional (Excel) en el Alfresco del centro Calisoft. (Gestor de la Medición).

5. Actualizar la Herramienta del Método de Estimación

5.1 Actualizar los indicadores de estimación a nivel organizacional en el módulo Administración de la Herramienta del Método de Estimación. (Gestor de la Medición).

-Herramienta del Método de Estimación (Actualizada)

Anexo 5 Módulo Administración de la Herramienta del Método de Estimación

calisoft
CENTRO DE CALIDAD
PARA SOLUCIONES INFORMÁTICAS

Estimación de Proyectos

Bienvenido administrador (Salir)

Seguridad | **Administración** | **Proyectos** | **Estimaciones**

INCLUIR FACTOR

Tipo de Medida
 Historias de Usuario Casos de Uso Proceso

Tipo de Factor Nombre Peso Valoración Binaria
 Sí No

Descripción

Incluir Cancelar

Centro de Calidad para Soluciones Informáticas

Figura 7 Herramienta del Método de Estimación- Módulo Administración- Incluir Factores de Complejidad.

calisoft
CENTRO DE CALIDAD
PARA SOLUCIONES INFORMÁTICAS

Estimación de Proyectos

Bienvenido administrador (Salir)

Seguridad | **Administración** | **Proyectos** | **Estimaciones**

ADMINISTRAR VARIABLES CASO USO

Datos I | Datos II

Porcentaje de tiempo por actividad respecto al total de tiempo de desarrollo

Actividad	Porcentaje
Estudio Preliminar	6.06
Modelación del Negocio	13.14
Requerimiento	19.18
Análisis y diseño	17.12
Implementación	31.32
Pruebas internas	10.1
Pruebas de Liberación	3.08

Valoraciones de los factores

Complejidad	Valor
Alto	5
Medio Alto	4
Medio	3
Medio Bajo	2
Bajo	1

Margen de Error

Porcentaje de Error 20

Tarifa horaria por Rol

Rol	Mínimo	Máximo
Consultor de Alto Nivel	11.05	15.62
Técnico	4.47	6.25
Profesional	6.58	10.41

Cantidad de Unidades de Desarrollo X Tipo de Medida

Paquete Funcional	Cota Mínima	Cota Máxima
Grande	19.0	26.0
Mediano	11.0	18.0
Pequeño	3.0	10.0

Actualizar Cerrar

Centro de Calidad para Soluciones Informáticas

Figura 8 Herramienta del Método de Estimación- Módulo Administración- Administrar Puntos de Funció (Datos I).

calisoft
CENTRO DE CALIDAD
PARA SOLUCIONES INFORMÁTICAS

Estimación de Proyectos

Bienvenido administrador (Salir)

Seguridad ▶

Administración ▼

- Administrar Identificador Proyecto
- Administrar Seguridad de Identificadores
- Incluir Factor
- Consultar Factores
- Administrar Variables Caso Uso
- Administrar Variables Historia Usuario
- Administrar Variables Proceso

Proyectos ▶

Estimaciones ▶

ADMINISTRAR VARIABLES CASO USO

Datos I Datos II

Tiempo Límite de Software (Semanas) 40

Cantidad de días laborables semanalmente 5

Tiempo implementando una Unidad de Desarrollo (horas)

A tiempo completo 25

A medio tiempo 30

Tiempo de trabajo diario (horas)

Mejor caso 8

Peor caso 5

Indicadores de los factores de complejidad

Valores	Valor Agregado	Complejidad Técnica	Ambiente	Factor Cliente
Valor 1	1.0	1.0	8.5	10.0
Valor 2	0.2	0.5	0.0	0.0
Valor 3	3.0	25.0	0.0	0.0

Actualizar Cerrar

Centro de Calidad para Soluciones Informáticas

Figura 9 Herramienta del Método de Estimación- Módulo Administración- Administrar Puntos de Funció (Datos II).

calisoft
CENTRO DE CALIDAD
PARA SOLUCIONES INFORMÁTICAS

Estimación de Proyectos

Bienvenido administrador (Salir)

Proyectos ▾

- Incluir Proyecto
- Consultar Proyectos

Estimaciones ▶

INCLUIR PROYECTO

Datos I Datos II

Relación con Formularios		Actividades	
Nombre	Cantidad	Tiempo	Semanas
Sistemas a Integrar o Legar	0	Pruebas de Aceptación	0.0
Sistemas a Integrar o Legar desconocidos	0	Pruebas Piloto	0.0
Dispositivos Externos	0	Despliegue	0.0
Dispositivos Externos con Drivers SDK	0	Soporte	0.0
Estándares y Normas a cumplir	0	Costo del Soporte	
Estándares y Normas Específicas	0		

Tipo de Factor

Factor Ambiente
 Factor Cliente
 Factor Complejidad Técnica
 Factor Valor
 Agregado

Factores	Complejidad
Aplicación multidioma	
Ayuda Integrada	
Mantener una interfaz familiar al negocio	

Descripción del Factor

Incluir Cancelar

Centro de Calidad para Soluciones Informáticas

Figura 10 Herramienta del Método de Estimación- Módulo Proyectos- Incluir Proyecto (Datos II).

calisoft
CENTRO DE CALIDAD
PARA SOLUCIONES INFORMÁTICAS

Estimación de Proyectos

Bienvenido administrador (Salir)

Seguridad ▾

- Incluir Usuario
- Consultar Usuario

Administración ▶

Proyectos ▶

Estimaciones ▶

INCLUIR USUARIO

Datos del Usuario

Dominio UCI
 Sí No

Nombre de Usuario

Permisos

Seleccionar	Descripción
<input type="checkbox"/>	Incluir Proyecto
<input type="checkbox"/>	Ver Proyecto
<input type="checkbox"/>	Consultar Proyectos
<input type="checkbox"/>	Modificar Proyecto
<input type="checkbox"/>	Eliminar Proyecto
<input type="checkbox"/>	Ver Estimación
<input type="checkbox"/>	Consultar Estimaciones
<input type="checkbox"/>	Incluir Factor
<input type="checkbox"/>	Ver Factor
<input type="checkbox"/>	Modificar Factor

« 1 2 3 »

Permisos en Proyectos

<input type="checkbox"/>	Ver Todos
<input type="checkbox"/>	Modificar Todos
<input type="checkbox"/>	Eliminar Todos

Centro de Calidad para Soluciones Informáticas

Figura 11 Herramienta del Método de Estimación- Módulo Seguridad- Incluir Usuario.

calisoft
CENTRO DE CALIDAD
PARA SOLUCIONES INFORMÁTICAS

Estimación de Proyectos

Bienvenido administrador (Salir)

Seguridad ▶

Administración ▾

- Administrar Identificador Proyecto
- Administrar Seguridad de Identificadores
- Incluir Factor
- Consultar Factores
- Administrar Variables Caso Uso
- Administrar Variables Historia Usuario
- Administrar Variables Proceso

Proyectos ▶

Estimaciones ▶

ADMINISTRAR SEGURIDAD DE IDENTIFICADORES

Datos del Identificador del Proyecto

Nombre	CALISOFT ESTIMA
Tipo de Proyecto	Informatización

Usuarios Asociados

administrador
drodriguez
jsvarez
mmonagas
rafael
suri

Permisos

Ver
 Modificar
 Eliminar

Centro de Calidad para Soluciones Informáticas

Figura 12 Herramienta del Método de Estimación- Módulo Seguridad- Administrar Seguridad de los Identificadores.