

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 3



Procedimiento de estimación de tiempo y esfuerzo del
proceso de despliegue del sistema Cedrux

Trabajo de Diploma para optar por el título de
Ingeniero en Ciencias Informáticas

Autora: Gretell Mercedes Ribas Acosta

Tutores: MsC. Leyanis Santiesteban Quintana.
Ing. Johanny Rivera López.

La Habana, Cuba
Junio de 2011



*"No se vive celebrando victorias, sino
superando derrotas."*

Ernesto Guevara de la Serna

Declaración de autoría

Declaración de autoría

Declaramos ser autores de la presente tesis y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Gretell M. Ribas Acosta
(Autora)

MSc. Leyanis Santiesteban Quintana
(Tutora)

Ing. Johanny Rivera López
(Tutor)

Datos de contacto

MsC. Leyanis Santiesteban Quintana

Máster en Ciencias Informáticas. Se desempeña en el rol de Asesor de Planificación y Control en el Centro de Informatización para la Gestión de Entidades (CEIGE).

Correo electrónico: lsquintana@uci.cu

Ing. Johanny Rivera López

Ingeniero en Ciencias Informáticas. Se desempeña en el rol de Asesor de Comercialización en el Centro de Informatización para la Gestión de Entidades (CEIGE).

Correo electrónico: jriveral@uci.cu

Agradecimientos

A mi mamá Marta por ser la mejor madre del mundo, por apoyarme en estos años de estudio, por ser mi ideal y mi ejemplo a seguir, por su amor incondicional, por aguantar todas mis malcriadeces con una sonrisa en sus labios, por creer en mí incluso cuando yo no lo hacía y guiarme por el camino correcto.

A mi papá Jesús por sus enseñanzas, su amor, su preocupación y apoyo, por demostrarme que puedo ser mejor cada día, por estar conmigo en todo momento, por su confianza, por sus consejos, y sobre todo por ser un ejemplo de padre.

A mi hermano Lázaro por ser lo más lindo que tengo en la vida, por ayudarme en estos años de estudio, por estar ahí cuando lo he necesitado y por enriquecer mi vida con sus conocimientos y consejos.

A mi novio Luis por su apoyo incondicional, por su amor y comprensión, por sus consejos tan certeros, por su preocupación, por creer que soy una mejor persona y por lo que representa dentro de mi vida.

A mis amigas Yanelis, Sisley y Aliankis por estar conmigo y aguantar mis pesadeces, por los consejos que me han brindado, por preocuparse por mí y por tener un hombro disponible cuando estoy pasando por un mal momento.

A mis amigos del apartamento Rolando, Jorge Carlos, Alvaro y Sandy, por ser tan buenos conmigo desde que los conocí, por preocuparse y aconsejarme en cada momento, por todo el apoyo que me brindan, por la confianza que me han dado y por ser como unos hermanos para mí.

A mis tutores por su ayuda y comprensión en la realización del trabajo, sin ellos no hubiera sido posible la realización del mismo; y en especial a Leyanis por su dedicación y paciencia a lo largo de estos meses.

A todas las personas que he conocido en la universidad que han marcado mi vida y a todas aquellas que propiciaron que pudiera cumplir este gran sueño.

Gracias a todos.

Dedicatoria

A mi mamá Marta por ser tan especial y ser mi ejemplo a seguir.

A mi papá Jesús por guiarme y apoyarme en todo momento.

A mi hermano Lázaro por ser mi inspiración.

A mis abuelos Enrique, Zenaido, Justa y Sonia por su cariño y respeto.

A todos les dedico este sueño, por el amor y dedicación que me brindaron. Por estar conmigo cuando los he necesitado. Por escucharme y aconsejarme.

Los quiero mucho.

Resumen

El despliegue de software es un proceso de mucha importancia dentro de cualquier proyecto, debido a que de él depende el éxito final del mismo. Estos procesos son costosos y se ubican entre los más complicados dentro de todo el desarrollo de software. Es importante realizar la estimación de este proceso para evitar atrasos, además de incertidumbre y desmotivación en los usuarios finales y el equipo de implantación. En la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI)¹ más específicamente el Centro de Informatización para la Gestión de Entidades (CEIGE), no está exento de lo antes planteado, debido a que no cuenta con ningún método o procedimiento documentado que permita proveer el esfuerzo y tiempo de duración del proceso de despliegue.

El objetivo principal del presente trabajo es realizar un procedimiento para estimar el tiempo y esfuerzo del despliegue del sistema integral de gestión Cedrux. Debido a que actualmente se basan en la experiencia de los especialistas para estimar. Para lograr lo antes planteado se realizó una investigación sobre el proceso de despliegue en diferentes metodologías de desarrollo, guías y enfoques de gestión de proyectos, además de analizar las técnicas o métodos de estimación para conformar la propuesta. Posteriormente se efectuó la validación de la misma obteniendo una alta probabilidad de éxito.

Palabras clave: proceso de despliegue, software, estimación, tiempo, esfuerzo, procedimiento, Cedrux.

¹ UCI: centro de formación de profesionales y productor de software mediante la vinculación estudio-trabajo.

Índice

Introducción	11
Capítulo 1. Fundamentación teórica	14
1.1 Introducción	14
1.2 Estimación de tiempo y esfuerzo.	14
1.3 Planificación de Recursos Empresariales.	14
1.4 Despliegue de software	16
1.5 Método para despliegue de sistemas de gestión.	17
1.6 Proceso de despliegue en las Metodologías.	19
1.6.1 RUP.	19
1.6.1.1 Actividades del flujo de trabajo de despliegue.	20
1.6.2 eXtreme Programing.....	23
1.6.3 Scrum	23
1.6.4 Microsoft Solution Framework	24
1.6.5 Open UP	26
1.6.6 MÉTRICA III.....	27
1.6.7 PMBOK	27
1.6.8 Análisis de las metodologías.	28
1.7 Estimaciones para el software.	29
1.7.1 Líneas de Código y Puntos de Función.	30
1.7.2 Método Delphi.	30
1.7.3 COCOMO.....	31
1.7.4 Puntos de Caso de Uso.	32
1.7.5 Estimación por analogía.	32
1.8 Conclusiones parciales	33
Capítulo 2. Propuesta de solución.....	34
2.1 Introducción	34
2.2 Bases del procedimiento de estimación de tiempo y esfuerzo del proceso de despliegue del sistema Cedrux	34
2.2.1 Datos de las entidades	34
2.2.1.1 Descripción de los indicadores	35
2.2.2 Normalización de los datos	36
2.2.3 Algoritmo kNN	36
2.2.3.1 Medida de similitud	37
2.2.4 Estimación por analogía	38
2.2.5 Ajustar estimación	38

2.2.6 Métricas definidas en el procedimiento de estimación.	38
2.2.6.1 Métricas de Esfuerzo.	39
2.2.7 Factor Entidad.	40
2.3 Procedimiento de estimación	40
2.4 Conclusiones parciales	42
Capítulo 3. Validación de la propuesta.....	43
3.1 Introducción	43
3.2 Métodos expertos.....	43
3.3 Método Delphi.....	43
3.4 Método para la validación de la propuesta.	44
3.5 Conclusiones parciales	49
Conclusiones	50
Recomendaciones.....	51
Referencias Bibliográficas	52
Bibliografía	54
Anexos	56
Glosario de términos.....	63

Índice de Figuras

Figura 1: Departamentos que pueden interactuar con el ERP.	15
Figura 2: Procesos del método para despliegue de sistemas de gestión	17
Figura 3: Fases y flujos de trabajo de RUP.	19
Figura 4: Actividades del flujo de trabajo de despliegue.	22
Figura 5: Ciclo de vida de SCRUM.....	24
Figura 6: Fases de MSF.	25
Figura 7: Proceso de estimación.....	34
Figura 8: Algoritmo kNN.	37
Figura 9: Interfaz Informaciones Necesarias.....	41
Figura 10: Interfaz Factor entidad.	41
Figura 11: Interfaz Resultados Estimación.	42

Índice de Tablas

Tabla 1: Análisis comparativo de las metodologías.....	28
Tabla 2: Valor otorgado para cada identificador del factor entidad.....	40
Tabla 3: Peso otorgado por los expertos a los criterios.	46
Tabla 4: Cálculo de la dispersión (S) para hallar la concordancia entre los expertos. .	47
Tabla 5: Cálculo de Concordancia.	47
Tabla 6: Resumen de la clasificación de cada criterio.	48
Tabla 7: Rangos predefinidos de Índice de Aceptación.....	49

Introducción

El actual ambiente competitivo en el que se vive en el ámbito empresarial, ha incrementado indudablemente. Debido a esto las organizaciones necesitan promover procesos y actividades de negocio que generen ventajas competitivas o que proporcionen ahorro y eficiencia económica. Además, aumentó la importancia de contar con información confiable, íntegra y oportuna para lograr los objetivos estratégicos de dichas organizaciones. Esta situación sugiere la utilización de herramientas que proporcionen un mejor control y centralización de la información con el fin de tomar las mejores decisiones para los procesos y estrategias del negocio.

En este aspecto, los sistemas para la Planificación de los Recursos Empresariales (ERP), han tenido un gran auge por las ventajas que brindan, pues mejoran la eficiencia y la productividad, reducen los costos y proporcionan mejor servicio al cliente. Sin embargo, la instalación es muy costosa y casi todos son creados para funcionar bajo un modelo económico capitalista.

En Cuba para la gestión de los procesos de negocio de una empresa se emplean varios sistemas contables y ERP tales como SAP ERP, SISCONT5, RODAS XXI, Versat Sarasola, Assett, los cuales no estandarizan los procesos que se gestionan en las entidades pues son creados para sectores específicos de la economía, lo cual dificulta la consolidación de la información a nivel de país. Debido a esto se le otorga a la UCI la misión de desarrollar el sistema integral de gestión Cedrux, el cual es creado bajo independencia tecnológica, implementado con tecnologías de Software Libre y satisface requerimientos funcionales² y técnicos para una mejor toma de decisiones. Este sistema abarca áreas como capital humano, logística, costos y procesos, contabilidad y finanzas, por solo mencionar las más básicas. De esta forma, se ha logrado de manera parcial una solución a todas estas áreas de las entidades pues se permite optimizar procesos y se gana en organización.

El desarrollo de Cedrux tiene varias fases representando un papel fundamental el proceso de despliegue. Este se define como la entrega, el ensamblaje y la gestión, en un determinado sitio, de los recursos necesarios para utilizar una versión de un sistema. Dicho proceso, dentro del ciclo completo de desarrollo, es uno de los más costosos y se ubica entre los más complicados, debido al volumen del sistema, al numeroso grupo de actividades que conlleva, y al soporte que se mantendrá al software. Este proceso se realiza con la participación directa de los usuarios finales.

² Requerimientos funcionales: definen el comportamiento interno del software: cálculos, detalles técnicos, manipulación de datos y otras funcionalidades específicas que muestran cómo los casos de uso serán llevados a la práctica.

Actualmente el sistema integral de gestión Cedrux no cuenta con ningún método o procedimiento formal que permita calcular la estimación correcta de esfuerzo y tiempo de duración del mismo, lo cual provoca que no se definan a priori todas las actividades a realizar, que no se tengan en cuenta las dependencias lógicas que existen entre ellas. Esto implica que se realice una planificación incorrecta pues se define un tiempo de duración irreal, lo cual provoca atrasos que pudieron ser previstos, aumentos en los costos de realización del proceso y desmotivación tanto para el cliente como para el equipo de implantación propiciado por la incertidumbre y el aumento del esfuerzo a realizar.

Por lo que el **problema a resolver** es: ¿Cómo determinar el tiempo y esfuerzo del proceso de despliegue del sistema Cedrux?

Por tal motivo, el **objeto de estudio** está centrado en el proceso de despliegue de sistemas de gestión.

A partir del problema anteriormente planteado, el **objetivo general**: Elaborar un procedimiento de estimación de tiempo y esfuerzo del proceso de despliegue del sistema Cedrux para aumentar la calidad de la planificación realizada.

El **campo de acción** estimación en el proceso de despliegue de software de gestión.

Consecuentemente, se proponen los siguientes **objetivos específicos**:

1. Realizar un estudio del estado del arte del proceso de despliegue y su respectiva estimación en sistemas informáticos.
2. Elaborar un procedimiento de estimación de tiempo y esfuerzo del proceso de despliegue del sistema Cedrux.
3. Validar técnicamente el procedimiento de estimación propuesto.

Con el objetivo de dar solución al problema planteado y alcanzar los objetivos trazados se proponen las siguientes **tareas de investigación**:

1. Estudio de las tendencias del proceso de despliegue en sistemas de gestión.
2. Análisis del proceso de despliegue y su respectiva estimación en sistemas de gestión.
3. Definición de los procesos necesarios para realizar la estimación del proceso de despliegue en sistemas de gestión.
4. Aplicación del método de evaluación definido.
5. Análisis de los resultados obtenidos.

Para el diseño de la investigación se plantea la siguiente **idea a defender**: la elaboración de un procedimiento de estimación de tiempo y esfuerzo del proceso de despliegue del sistema Cedrux aumentará la calidad de la planificación realizada.

Para dar cumplimiento a los objetivos propuestos se utilizaron los siguientes **métodos de investigación**:

Métodos Teóricos:

- Histórico – lógico: Para realizar un estudio de las tendencias históricas y actuales de la estimación de tiempo y esfuerzo del proceso de despliegue de software de gestión.
- Analítico – sintético: Para realizar un análisis de la información empleada para la investigación, así como la estimación de tiempo y esfuerzo del proceso de despliegue.

Métodos empíricos:

- Entrevista: En esta investigación se realizarán entrevistas a varios especialistas y líderes de proyectos de la universidad que de una forma u otra estén vinculados al proceso de despliegue de software.
- Encuesta: se realizan encuestas a los especialistas y líderes de proyectos de la universidad con el objetivo de obtener información necesaria para desarrollar la investigación. Además se utilizó para validar la investigación.

El trabajo de diploma se encuentra estructurado de la siguiente forma:

- Introducción
- Tres capítulos.
- Conclusiones.
- Recomendaciones.

Capítulo 1. Fundamentación teórica: se realiza un análisis de las cuestiones teóricas necesarias para el entendimiento del trabajo. Se realiza el análisis de diferentes metodologías de desarrollo de software en su fase de despliegue, así como de las técnicas de estimación. Además, se realiza un estudio de una serie de conceptos asociados al tema.

Capítulo 2. Propuesta de solución: se establecen los pasos necesarios para llevar a cabo el procedimiento propuesto, así como las métricas³ para el cálculo del esfuerzo y el tiempo del proceso de despliegue del sistema Cedrux.

Capítulo 3. Validación de la propuesta: se valida la solución propuesta usando el método de expertos. Se seleccionan un grupo expertos, a los cuales se le realizan encuestas con el fin evaluar el nivel de éxito que va a tener el procedimiento propuesto.

³ Métrica: es la medida que permite caracterizar un sistema de información o software.

Capítulo 1. Fundamentación teórica

1.1 Introducción

En el mundo existen diferentes metodologías⁴ y guías utilizadas tanto para el desarrollo de software como para la gestión de proyectos. Dentro de las cuales se aborda el proceso de despliegue, el cual es una de las actividades de gran importancia dentro de los proyectos de software. Para estimar se encuentran definidos diferentes métodos y procedimientos, los cuales no resuelven las necesidades de este proceso. De ahí la importancia de realizar un estudio sobre esta temática.

El presente capítulo tiene como objetivo realizar el estado del arte de la investigación teniendo en cuenta cómo se trata en cada una de las metodologías y guías el proceso de despliegue, además de definir la técnica de estimación a utilizar.

1.2 Estimación de tiempo y esfuerzo.

La estimación del esfuerzo puede confundirse con la estimación de tiempo, debido a que hay una relación estrecha entre ambos conceptos.

El esfuerzo se refiere a la suma de los tiempos que le dedicarán los diferentes recursos a cierta actividad del proyecto. Se mide en horas/hombres, días/hombres, semanas/hombres.

Sin embargo, el tiempo de duración se refiere al período en el calendario que será necesario para poder cumplir ciertos objetivos.

Por ejemplo, para culminar un proyecto se podría determinar un tiempo de dos meses, sin embargo, el esfuerzo para dicho proyecto puede ser de cinco meses/hombres si trabajan dos personas en paralelo.

1.3 Planificación de Recursos Empresariales.

La Planificación de Recursos Empresariales, o simplemente ERP (*Enterprise Resource Planning*), "es un sistema integral de gestión empresarial que está diseñado para modelar y automatizar la mayoría de procesos en la empresa (área de finanzas, comercial, logística, producción, entre otras). Su misión es facilitar la planificación de todos los recursos de la empresa". (1)

A continuación se mencionan diferentes conceptos otorgados a dicho sistema:

Kumar y Hillengersberg (2000) lo definen como "paquetes de sistemas configurables de información dentro de los cuales se integra la información a través de áreas funcionales de la organización". (2)

⁴ Metodologías: es el conjunto de métodos por los cuales se regirá una investigación científica.

Capítulo 1. Fundamentación teórica

Varios autores definen este sistema como “un sistema de administración de negocios que integra todas las facetas del negocio, incluyendo planeación, manufactura, ventas y finanzas”. (Figura 1) (3) (4)



Figura 1: Departamentos que pueden interactuar con el ERP.

Los sistemas ERP son extremadamente costosos, y una vez que se implantan con éxito trae una serie de beneficios importantes para las empresas.

Los ERP se encargan de unificar y ordenar toda la información de la empresa en un solo lugar, lo cual facilita la toma de decisiones de forma más rápida y segura, acortando los ciclos productivos. El ERP permite tener la empresa bajo control e incrementar la calidad de los servicios y productos. La implantación⁵ de un ERP permite la eliminación de las barreras entre los departamentos debido a que la información fluye por toda la empresa.

Los beneficios más comunes de este sistema son:

- Solo un sistema para manejar muchos de sus procesos comerciales.
- Integración entre las funciones de las aplicaciones.
- Reduce los costos de gerencia.
- Incrementa el retorno de inversión.
- Fuente de Infraestructura abierta.

⁵Implantación: entiéndase por despliegue.

Las desventajas son:

- Son muy caros.
- Requiere cambios en la compañía y procesos para su instalación.
- Son complejos y muchas compañías no pueden ajustarse a ellos.
- Hay pocos expertos en ERP. (5)

1.4 Despliegue de software

El proceso de despliegue de software puede ser definido como la entrega, el ensamblaje y la gestión, en un determinado sitio, de los recursos necesarios para utilizar una versión de un sistema. Propicia la disponibilidad de un software mediante las diferentes actividades que lleva implícito. Cubre la configuración del sistema entregable con el objetivo de que el lanzamiento y la entrega del software se realicen con el éxito esperado a sus usuarios finales. Incluyendo toda la documentación, manuales, instaladores y soporte que permitan el completo uso del producto. (6)

Finalmente, se puede decir que el despliegue del software son todas las actividades que hacen al sistema de software disponible para el uso.

Antes de comenzar el proceso de instalación de una solución de software es necesario planificar y definir cómo se realizará física y temporalmente este proceso, además de prever cualquier situación que lo pueda afectar y establecer estrategias para mitigar estos riesgos. (7)

Los aspectos que se deben tener en cuenta al planificar el proceso de despliegue de cualquier software son los siguientes:

- **Características específicas de los clientes.**

Este aspecto se refiere al nivel profesional de los clientes de la aplicación, a su calificación para las tareas que desempeñará en la aplicación a instalar, así como a sus conocimientos informáticos.

- **Características económico-sociales y naturales de las zonas de despliegue.**

Cada característica del medio donde se desplegará la solución constituye un riesgo que debe ser analizado dado que puede afectar en mayor o menor medida el desempeño de las actividades.

- **Personal disponible.**

La planificación del despliegue debe realizarse de acuerdo con la disponibilidad del personal subordinado al proyecto y a su calificación para el desempeño de las tareas definidas. Estos dos aspectos son fundamentales y pueden afectar en gran medida el cumplimiento del plan de despliegue.

- **Equipamiento a desplegar.**

Capítulo 1. Fundamentación teórica

Es necesario establecer en los planes de despliegue tareas que se encaminen a la adquisición, configuración y verificación del equipamiento necesario para que la aplicación funcione debidamente.

- **Soporte contratado.**

El soporte a las aplicaciones desplegadas en dependencia del plazo contratado, deberá ser considerado durante la elaboración del plan de despliegue del software. (7)

Estos procesos son costosos y se ubican entre los más complicados, debido a la carga de personal y al grupo de actividades necesarias que conlleva su ejecución.

1.5 Método para despliegue de sistemas de gestión.

El método está basado en cuatro procesos: Planificación, Diseño y Desarrollos Específicos, Implantación y Puesta en marcha (Figura 2), los cuales están compuestos por actividades. A continuación se realiza un breve resumen de cada uno de los procesos y sus respectivas actividades.

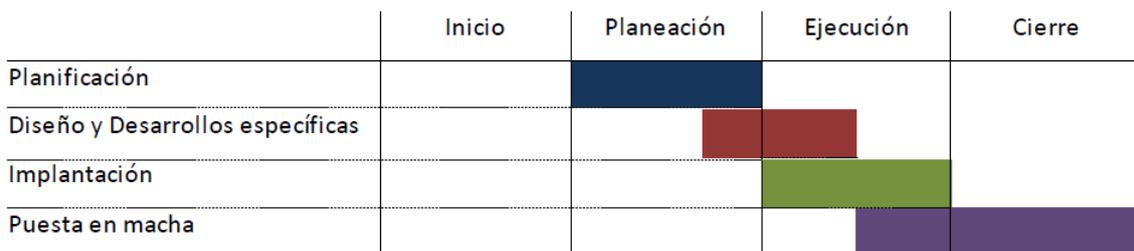


Figura 2: Procesos del método para despliegue de sistemas de gestión

Proceso de Planificación

En este proceso se organiza todo el trabajo del despliegue, se estiman los tiempos y esfuerzos y se preparan las condiciones para la ejecución. Este está compuesto por un grupo de actividades como son:

- **Diagnostico:** a través de este se obtendrá toda la información necesaria para la correcta ejecución de las demás actividades.
- **Conformación de los equipos:** esta es una actividad importante en la preparación del proceso. Debido a la diversidad de conocimientos y competencias que deben integrarse en los equipos de trabajo.
- **Preparación de la formación:** da cumplimiento a dos objetivos fundamentales: capacitar a los equipos de implantación y preparar la formación de los usuarios finales.
- **Planificación de alcance y tiempo:** en esta se organizan cronológicamente todas y cada una de las acciones que se han de desarrollar. Así mismo, se designan los miembros del equipo de proyecto que asumirán la responsabilidad

de realización en los tiempos programados de cada una de esas acciones y los recursos necesarios para ejecución. (8) (9)

Proceso de Diseño y Desarrollos específicos

Este proceso tiene como objetivo: adaptar el sistema de gestión y la planificación del despliegue del software de gestión a las condiciones reales del cliente o usuario final y realizar las pruebas de aceptación.

- **Análisis de los procesos:** esta actividad consiste en la realización de un completo estudio de los procesos de negocio y de los presentes y futuros requisitos de la compañía.
- **Desarrollo de adaptaciones:** esta actividad consiste en planificar y ejecutar las modificaciones, configuración y nuevos desarrollos.
- **Pruebas de aceptación:** se encarga de la comprobación del cumplimiento de los requisitos básicos de funcionamiento del sistema. (8) (9)

Proceso de Implantación

Este proceso tiene como objetivos la entrega del sistema en su totalidad ajustado a las condiciones del cliente y la formación de los usuarios finales en los procesos de negocio y el uso del sistema.

- **Instalación técnica:** esta actividad consiste en la instalación de los prerequisites de software y hardware del sistema, el sistema, sus bases de datos y herramientas de monitoreo y control necesarias.
- **Configuración y carga de datos:** esta actividad consiste en la configuración y carga inicial de datos cuyo alcance dependerá de las características del sistema de gestión implicado.
- **Formación:** esta actividad tiene como fin transmitir a los usuarios finales los conocimientos técnicos y funcionales necesarios para explotar a plenitud el sistema de gestión. (8) (9)

Proceso de Puesta en marcha

Este proceso persigue el paso a producción del sistema de gestión para lo cual se deben realizar las actividades de pruebas de implantación y definición de los servicios que se prestarán al sistema una vez terminado el proyecto.

- **Pruebas de implantación:** esta actividad consiste en pruebas para evaluar el desempeño del sistema en el entorno real.

- **Determinación del soporte técnico:** esta actividad consiste en negociar los servicios que se van a prestar al sistema una vez concluido el proyecto.
- **Paso a producción:** esta actividad consiste en la activación del sistema con la sustitución de las aplicaciones anteriores, en caso que corresponda. (8) (9)

1.6 Proceso de despliegue en las Metodologías.

En el mundo existen diferentes metodologías utilizadas para el desarrollo del software, las cuales desempeñan un papel decisivo dentro del mismo. Las mismas tienen diferentes fases para organizar los ciclos de vida del producto de software los cuales se dividen en diferentes flujos de trabajo dentro de los que se encuentra el proceso de despliegue. En los próximos subíndices se abordarán algunas características de algunas de estas, referentes a esta disciplina.

1.6.1 RUP.

Rational Unified Process (RUP según sus siglas en inglés) pertenece al grupo de las metodologías fuertes o establecidas, la cual define quién, qué, cuándo y cómo se realiza cada actividad dentro del ciclo de desarrollo de software. Su objetivo es asegurar la producción de software de alta calidad que satisfaga los requerimientos de los usuarios finales. Esta metodología está dirigida por casos de usos, centrada en la arquitectura y es iterativo e incremental. La misma define cuatro fases y nueve flujos de trabajo los cuales se desarrollan en menor o mayor medida en cada una de las fases (Figura 3).

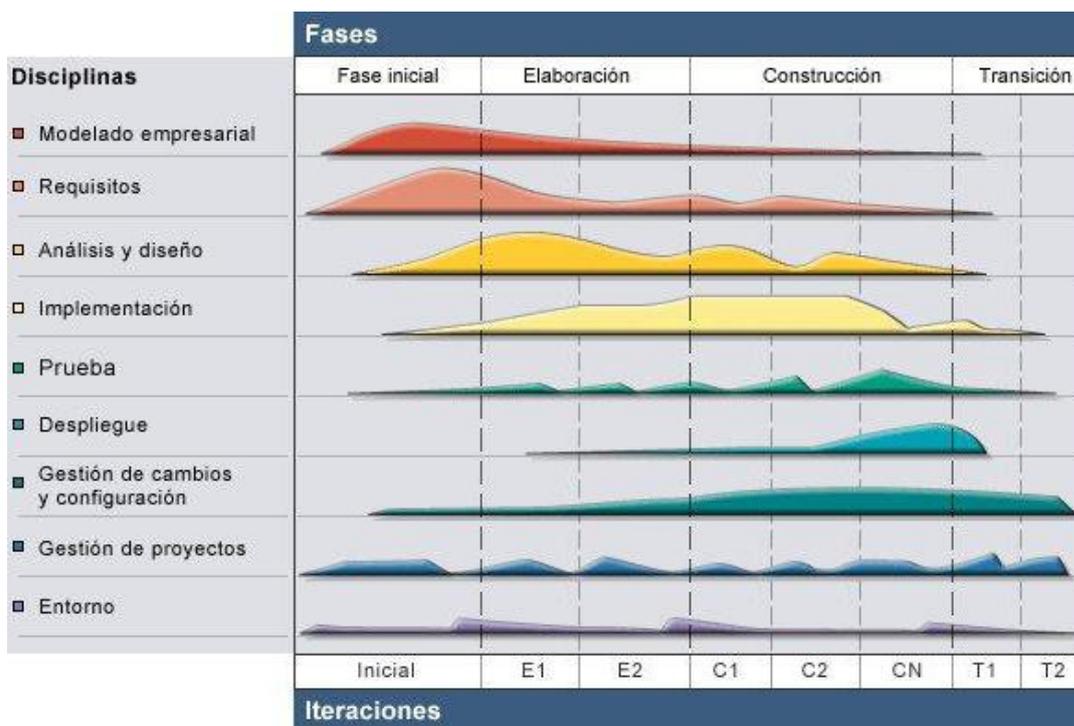


Figura 3: Fases y flujos de trabajo de RUP.

El flujo de despliegue comienza a desarrollarse desde las fases tempranas del ciclo de vida del software y toma mayor peso a finales de la fase de construcción.

Este flujo tiene como objetivo producir con éxito distribuciones del producto y entregarlo a los usuarios. Este abarca actividades como:

- Probar el producto en su entorno de ejecución final.
- Empaquetado del software para su distribución.
- Distribución del software.
- Instalación del software.
- Prestación de asistencia y ayuda a los usuarios.
- Formación de los usuarios.

Generalmente también se incluyen otras como:

- Planificación y realización de pruebas beta.
- Migración de actuales programas o datos.
- Aceptación formal. (10)

Este flujo de trabajo se desarrolla con mayor intensidad en la fase de transición, ya que el propósito del mismo es asegurar una aceptación y adaptación sin complicaciones del software por parte de los usuarios. La ejecución de este flujo de trabajo debe empezar en fases tempranas, para preparar el camino, sobre todo con las actividades de planificación, pero también con la elaboración del manual de usuario y tutoriales. (10) (11)

1.6.1.1 Actividades del flujo de trabajo de despliegue.

Este flujo de trabajo se encuentra dividido en diferentes actividades con el objetivo de lograr un mayor entendimiento de cada una de las partes que lo componen y obtener una mayor organización y calidad en todo el proceso de desarrollo. (Figura 4)

- **Plan de despliegue:**

El plan de despliegue comienza en la fase de elaboración y es refinado en la fase de construcción. Esta actividad se encarga de la planificación de la entrega del sistema y de todos los artefactos que componen el producto (manual de entrenamiento, manual de instalación, entre otros). (12)

- **Desarrollo de los materiales de soporte:**

Esta actividad abarca toda la información necesaria que será requerida por el usuario final para instalar, operar, utilizar y mantener el sistema entregado. (12)

- **Pruebas de aceptación en el entorno de desarrollo:**

Capítulo 1. Fundamentación teórica

El propósito de esta actividad es asegurar que el producto se ha probado adecuadamente antes de entregar una versión al cliente. (12)

- **Producción de la unidad de despliegue:**

El propósito de esta actividad es crear una versión del software y de los artefactos necesarios para lograr que la instalación y el uso del producto sean satisfactorios.

La unidad de despliegue se puede crear con el propósito de tener una versión beta del producto que sea probada por los usuarios finales y según su nivel de madurez puede representar la versión final del producto. (12)

- **Pruebas beta:**

Las pruebas betas se realizan con el propósito de que un grupo de usuarios vaya probando la aplicación mientras se encuentra en desarrollo para ir recopilando todas las sugerencias y problemas que se presenten e ir modificando y corrigiendo el sistema para su versión final. (12)

- **Pruebas de aceptación en el entorno de instalación:**

Las pruebas de aceptación en el entorno de instalación o pruebas betas tienen como objetivo fundamental obtener la liberación de la versión final del producto y que el mismo sea aceptado por los usuarios finales, además de probar la funcionalidad del software se encarga de probar todos los requisitos no funcionales y cómo es que el sistema funciona en tiempo real con datos reales. (12)

- **Empaquetamiento del producto:**

El empaquetamiento incluye la versión liberada del software, los manuales de usuario y guías para la instalación, al concluir, el producto estará listo para la entrega al usuario final. Al concluir la actividad de empaquetamiento se obtiene el producto software. (12)

- **Sitio Web para la instalación:**

El propósito de esta actividad es posibilitar que el producto pueda ser instalado desde un sitio en Internet. Esta actividad es opcional, solo se realiza cuando el despliegue vaya a realizarse desde Internet. Es necesario asegurarse que el producto se encuentra disponible en todo momento para la compra en línea.

El sitio debe dar la posibilidad al cliente de aclarar cualquier duda y que pueda enviar su sugerencia, además debe posibilitar el acceso a las actualizaciones que vayan saliendo al mercado. (12)

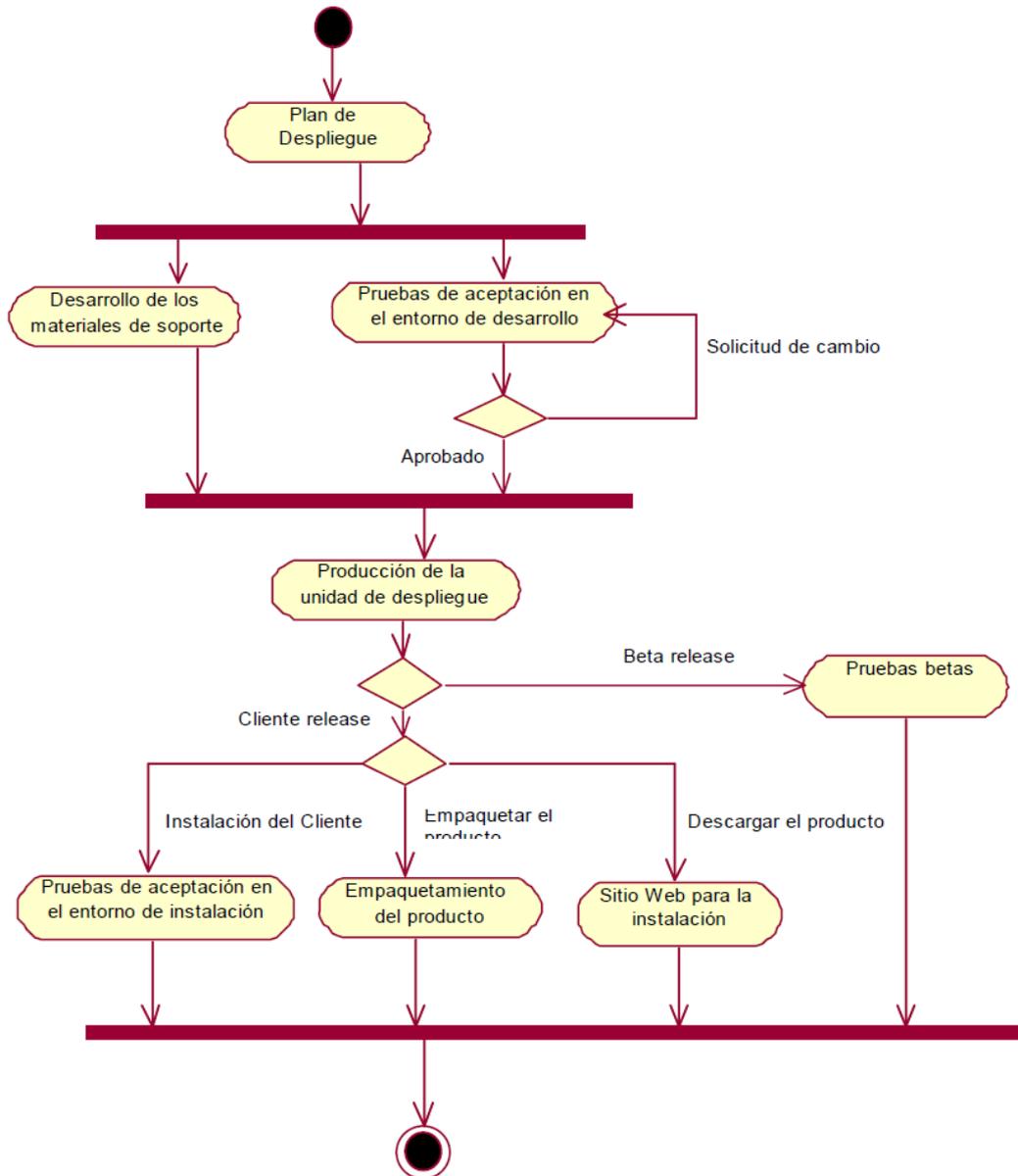


Figura 4: Actividades del flujo de trabajo de despliegue.

RUP es una metodología de desarrollo que cuenta con un flujo de trabajo de despliegue, el cual no se encuentra lo suficientemente abordado ni detallado con respecto a los demás flujos. El flujo de despliegue se centra en probar el producto en su ambiente operacional final, preparar el producto para su entrega, distribuir el producto, instalarlo, capacitar a los usuarios finales y preparar la base de datos para la carga inicial de los datos.

Este flujo centra su desarrollo en la fase final de construcción y principios de la de transición por lo que se centra en detectar los errores del software y corregirlos.

1.6.2 eXtreme Programing.

Extreme Programing (XP según sus siglas en inglés) es una metodología ágil centrada en potenciar las relaciones interpersonales como clave para el éxito en el desarrollo de software, promoviendo el trabajo en equipo, preocupándose por el aprendizaje de los desarrolladores, y propiciando un buen clima de trabajo.

XP se basa en la realimentación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo, comunicación fluida entre todos los participantes, simplicidad en las soluciones implementadas y coraje para enfrentar los cambios. XP se define especialmente como la adecuada para proyectos con requisitos imprecisos y muy cambiantes, y donde existe un alto riesgo técnico. (13) (14)

El ciclo de vida ideal de XP consta de seis fases: Exploración, Planificación de la Entrega, Iteraciones, Producción, Mantenimiento y Muerte del Proyecto. (13) (14)

La metodología XP no es recomendable para realizar el despliegue de productos muy complejos. En la metodología XP las actividades no están ni identificadas ni descritas como es el caso de RUP. Las entregas se realizan de forma muy rápida y se dejan pasar por alto elementos indispensables como es la logística del despliegue. (15)

Esta metodología es aplicable solamente a proyectos que tengan definido previamente un cliente y que el mismo esté presente durante todo el proceso de desarrollo del proyecto.

1.6.3 Scrum

Scrum es una metodología ágil, la cual tiene la intención de maximizar la retroalimentación sobre el desarrollo, pudiendo corregir problemas y mitigar riesgos de forma temprana. Scrum es un proceso ágil y liviano que sirve para administrar y controlar el desarrollo de software. Está diseñado especialmente para adaptarse a los cambios en los requerimientos. Scrum tiene un conjunto de reglas muy pequeño y muy simple y está basado en los principios de inspección continua, adaptación, auto-gestión e innovación.

Scrum consta de un ciclo de vida de cuatro fases (Figura 5):

- **Pre-Juego:** Planeamiento.
- **Pre-Juego:** Montaje
- **Juego o Desarrollo.**
- **Pos-Juego:** Liberación.

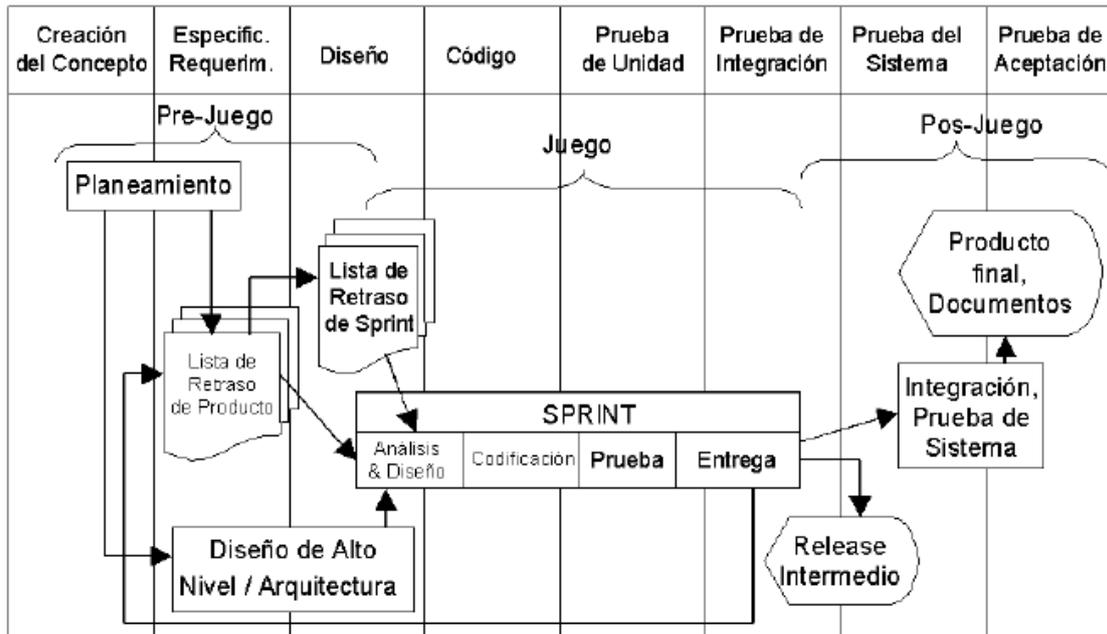


Figura 5: Ciclo de vida de SCRUM.

El propósito de la fase pos-juego es el despliegue operacional. Las actividades, documentación, entrenamiento, mercadeo y venta. En esta fase se realizan las pruebas de aceptación del sistema y queda liberado el producto.

Scrum no está concebido como método independiente, sino que se promueve como complemento de otras metodologías, incluyendo XP, MSF o RUP. Como método, Scrum enfatiza valores y prácticas de gestión, sin pronunciarse sobre requerimientos, implementación y demás cuestiones técnicas; de allí su deliberada insuficiencia y su complementariedad. Scrum se define como un proceso de administración y control que implementa técnicas de control de procesos; se lo puede considerar un conjunto de patrones organizacionales. (16)

Esta metodología necesita de la presencia del cliente en casi todo el ciclo de desarrollo del producto, debido a que realiza iteraciones cortas que terminan con la puesta en marcha del producto en el entorno del cliente. Con esto se puede concluir que el proceso de despliegue en esta metodología no es independiente sino que se realiza en cada una de las iteraciones por lo que algunas de las actividades del despliegue no se realizan o se ejecutan inconscientemente por contar con el cliente durante todo el desarrollo del producto.

1.6.4 Microsoft Solution Framework

Microsoft Solution Framework (MSF según sus siglas en inglés) es una metodología rígida para la administración de proyectos, MSF es una serie de modelos que puede adaptarse a cualquier proyecto de tecnología de información.

Esta metodología consta de cinco fases (Figura 6):

- Visión y Alcances.
- Planificación.
- Desarrollo.
- Estabilización.
- Implantación.



Figura 6: Fases de MSF.

En esta última fase se llevarán a cabo los planes diseñados en la anterior, principalmente el de despliegue y el de formación. Los principales trabajos e hitos a conseguir son, en este caso, además de los obvios (implantación de la plataforma, puesta en servicio de todas las funciones, formación a los usuarios y administradores), los siguientes:

- Registro de mejoras y sugerencias, funcionalidades no cubiertas y novedades a incorporar en sucesivas versiones de la plataforma, incluyendo mejoras aportadas por los fabricantes de software (por ejemplo: nuevas versiones o *Service Packs*⁶.)
- Revisión de las guías y manuales de usuario, rectificación de errores y obtención de los documentos de formación definitivos.
- Entrega de los documentos definitivos acordados en la primera fase.
- Revisión (si procede) de la matriz de riesgos, las métricas de calidad y establecimiento de los estándares de calidad.
- Finalmente, entrega y cierre del proyecto. (17)

⁶ Service Packs: consiste en un grupo de parches que actualizan, corrigen y mejoran aplicaciones y sistemas operativos.

Capítulo 1. Fundamentación teórica

La fase de despliegue, puesto que debe planificarse, no puede establecerse a priori. Depende de numerosos factores externos al propio proyecto (incluyendo factores de oportunidad política o de negocio) que pueden retardar o acelerar la conclusión.

La experiencia demuestra que no hay una relación directa entre número de máquinas y tiempo necesario para el despliegue. Los factores más relevantes en el cálculo suelen ser la dispersión o concentración geográfica, la complejidad del proceso de migración, el grado de automatización alcanzado, la experiencia y nivel de los técnicos que realizan la operación y condicionantes de calendario. A menudo con restricciones no técnicas, sino de otros tipos (las fechas-objetivo suelen marcarse por criterios de oportunidad de negocio). (17)

Esta metodología dedica un proceso completo al despliegue el cual tiene como objetivo: entregar el producto terminado al cliente. En este proceso se describen algunas de las principales actividades y se definen artefactos entregables con el fin de garantizar el cumplimiento del objetivo.

Este proceso no presenta guías, técnicas o herramientas concretas más allá de las actividades y artefactos que define el metamodelo a muy alto nivel. (8)

1.6.5 Open UP

OpenUP es un proceso de desarrollo iterativo del software que es mínimo, completo y extensible, esto quiere decir que solamente el contenido fundamental es incluido, puede ser manifestado como todo el proceso para construir un sistema y puede ser utilizado como fundamento sobre el cual el contenido de proceso se pueda agregar o adaptar según lo necesitado.

OpenUP como metodología de desarrollo es conducida por el principio de colaboración para alinear intereses y para compartir su comprensión. Su ciclo de vida está compuesto por cuatro fases: Inicio, elaboración, construcción y transición. (18)

El principal objetivo de la fase de transición en OpenUP es asegurar que el sistema sea entregado a los usuarios, y evaluar la funcionalidad y el rendimiento del último entregable de la fase de construcción.

No se hace una planificación exhaustiva de la fase de transición dejando demasiados elementos aislados y sin la realización de gestión de riesgos al respecto.

OpenUP es una metodología que ha sido pensada para proyectos pequeños en los cuales el despliegue no suele ser complejo por lo que no define actividades específicas para el mismo ni cuenta con una planificación temprana. No se determinan los roles ni responsabilidades principales de la fase aunque se mencionan algunas competencias necesarias. Tampoco se definen técnicas ni herramientas para llevar a cabo este proceso que permitan obtener mejores resultados. (8)

1.6.6 MÉTRICA III

La metodología MÉTRICA Versión 3 ofrece a las Organizaciones un instrumento útil para la sistematización de las actividades que dan soporte al ciclo de vida del software. La misma tiene un enfoque orientado al proceso, ya que la tendencia general en los estándares se encamina en este sentido y por ello, como ya se ha dicho, se ha enmarcado dentro de la norma ISO⁷ 12.207⁸, que se centra en la clasificación y definición de los procesos del ciclo de vida del software. Como punto de partida y atendiendo a dicha norma, MÉTRICA Versión 3 cubre el Proceso de Desarrollo y el Proceso de Mantenimiento de Sistemas de Información. La metodología descompone cada uno de los procesos en actividades, y estas a su vez en tareas. Para cada tarea se describe su contenido haciendo referencia a sus principales acciones, productos, técnicas, prácticas y participantes. (19)

MÉTRICA v. 3 define todo un proceso de despliegue de software, el cual abarca la mayoría de las actividades necesarias para lograr el éxito del mismo. Sin embargo, no aborda todas las actividades relevantes del despliegue de un sistema de gestión. Este proceso solo es aplicable a proyectos en los que el despliegue es la continuación de un desarrollo.

1.6.7 PMBOK

El PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) es un marco y un estándar orientado a procesos, además es considerado como un estándar internacional para manejar y administrar proyectos por el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI, por sus siglas en inglés) y por el Instituto de Ingenieros Electrónicos Eléctricos (IEEE, por sus siglas en inglés).

El PMBOK agrupa en la gestión de proyectos nueve áreas de conocimientos: Gestión de Integración, Gestión de Alcance, Gestión del Tiempo, Gestión de Costo, Gestión de la Calidad, Gestión de Recursos Humanos, Gestión de Comunicación, Gestión de Riesgos y Gestión de Adquisiciones. (20)

⁷ Norma ISO: es la Organización Internacional para la estandarización, que regula una serie de normas para fabricación, comercio y comunicación, en todas las ramas industriales.

⁸ Norma ISO 12.207: es un proceso de ciclo de vida para el software que incluye procesos y actividades que se aplican desde la definición de requisitos, pasando por la adquisición y configuración de los servicios del sistema, hasta la finalización de su uso. Este estándar tiene como objetivo principal proporcionar una estructura común para que compradores, proveedores, desarrolladores, personal de mantenimiento, operadores, gestores y técnicos involucrados en el desarrollo de software usen un lenguaje común. Este lenguaje común se establece en forma de procesos bien definidos.

Capítulo 1. Fundamentación teórica

La organización de la guía por áreas del conocimiento de la gestión de proyectos la hacen aplicable a casi cualquier tipo de proyecto incluyendo los despliegues de software orientando lo que se debe hacer en cada una de estas áreas.

La guía del PMBOK realiza un mejor enfoque para los propósitos de la enseñanza del contenido temático de cada área de conocimiento que abarca, pero no es tan efectiva a la hora de proporcionar orientación para ejecutar un proyecto en particular.

Si bien sobre el tema del ciclo de vida del proyecto, está todo muy bien definido, para hacer frente a la fase final de un proyecto, en la que el producto es transferido al cliente o usuario, no se define guía alguna. (8)

1.6.8 Análisis de las metodologías.

La etapa de despliegue es una de las fases más importantes, dentro del ciclo de vida del desarrollo de un software. Inicialmente se realizó un análisis de las metodologías más utilizadas a nivel mundial, concluyéndose que:

Las metodologías analizadas a pesar de tener actividades diferentes se centran en el mismo objetivo, que los usuarios reciban un producto con la mayor calidad posible.

A continuación se muestra un resumen de cada una de las metodologías antes mencionadas:

Tabla 1: Análisis comparativo de las metodologías.

	RUP	Open Up	METRICA III	PMBOK
¿Qué es?	Metodología de proceso genérico basado en el Proceso Unificado	Metodología de desarrollo	Metodología de desarrollo	Guía abstracta que norma la dirección del proyecto
¿Define actividades de planificación?	Define de forma parcial: Preparación de la formación.	No define	Define Preparación de la formación. De forma parcial define Planificación de alcance y tiempo	Define Planificación de alcance y tiempo
¿Define actividades de diseño y desarrollos específicos?	Define de forma parcial: Pruebas de aceptación	No define	Define Pruebas de aceptación.	No define
¿Define actividades de implantación?	Define de forma parcial: Instalación técnica,	Define de forma parcial: Instalación técnica,	Define de forma parcial: Instalación técnica, Carga	No define

Capítulo 1. Fundamentación teórica

	Configuración del sistema, Capacitación de usuarios finales.	Configuración del sistema.	de datos. Define Capacitación de usuarios finales.	
¿Define actividades de puesta en marcha?	No define	No define	Define Pruebas de implantación y de forma parcial Definición del soporte.	No define
Define artefactos	Sí	Sí	Sí	Sí
Métodos de estimación del proyecto	No	No	Propone varios entre los que se encuentra estimación de puntos de función.	Propone varios entre los que se encuentra: estimación por analogía
Métodos de estimación del despliegue	No	No	No	No

Estas metodologías describen de forma general las actividades a realizar durante el despliegue o implantación de un producto de software de sistema de gestión. Ninguna de ellas explica a fondo como realizar este proceso. Además, las mismas no presentan dentro de sus actividades la estimación del tiempo y esfuerzo del despliegue, solo técnicas para estimar el tiempo y el esfuerzo del proyecto en general las cuales se pueden utilizar para la realización del procedimiento de estimación del despliegue de Cedrux.

Por lo que se puede concluir que las metodologías antes mencionadas se encuentran limitadas al aplicarlas a los proyectos de sistema de gestión. Debido, a que definen “qué hacer”, pero no “cómo hacerlo”. No definen todas las actividades de relevancia para la realización de un despliegue de sistema de gestión. Por lo que para la realización del procedimiento se van a tener en cuenta las actividades por cada proceso definidas en el Método para Despliegue de Sistema de Gestión.

1.7 Estimaciones para el software.

La estimación del software es una de las partes iniciales de la planificación dentro de la gestión de un proyecto. Pero hay que tener en cuenta que no existe una forma simple de hacer una estimación precisa del esfuerzo requerido para desarrollar un sistema de software.

No se puede considerar a la estimación como una ciencia exacta ya que existen numerosas variables humanas, técnicas, del entorno y políticas, entre otras, que

intervienen en su proceso y que pueden afectar los resultados finales. Sin embargo, cuando es llevada a cabo de forma sistemática, se pueden lograr resultados con un grado aceptable de riesgo y convertirla en un instrumento útil para la toma de decisiones. (21)

Existen diversas técnicas que aportan a la realización de estimaciones de tiempo y esfuerzo para el desarrollo de productos de software. A continuación se describen brevemente algunas de ellas.

1.7.1 Líneas de Código y Puntos de Función.

Los datos de líneas de código (LDC) y los puntos de función (PF) se emplean de dos formas durante la estimación del proyecto de software:

- Variables de estimación, utilizadas para calibrar cada elemento del software.
- Métricas de base, recogidas de anteriores proyectos, utilizadas junto con las variables de estimación para desarrollar proyecciones de costo y esfuerzo.

Estas técnicas son diferentes pero tienen características comunes. El planificador del proyecto comienza con una declaración restringida del ámbito del software y, a partir de esa declaración, intenta descomponer el software en pequeñas subfunciones que pueden ser estimadas individualmente. Entonces, estima las LDC o PF (la variable de estimación) para cada subfunción. Luego, aplica las métricas básicas de productividad a la variable de estimación apropiada y deriva el costo y el esfuerzo para la subfunción. Combinando las estimaciones de las subfunciones se produce la estimación total para el proyecto entero.

Difieren en el nivel de detalle que requiere la descomposición. Cuando se utiliza LDC como variable de estimación, la descomposición funcional es absolutamente esencial y, a menudo, se lleva hasta considerables niveles de detalle. También, debe de tenerse en cuenta que mientras que LDC se estima directamente, PF se determina indirectamente mediante la estimación del número de entradas, salidas, archivos de datos, peticiones e interfaces externas, entre otras.

Después, se calcula el valor esperado de LDC o de PF. El valor esperado para la variable de estimación, E, se obtiene como una medida ponderada de las estimaciones LDC o PF óptima, más probable y pesimista. (21)

1.7.2 Método Delphi.

El método Delphi se basa en la obtención de un consenso de un grupo de expertos, que expresan sus opiniones y ofrecen estimaciones sobre el proyecto en cuestión.

Los expertos expresan sus opiniones mediante unos formularios que le son entregados y que rellenan de manera totalmente anónima. Estos cuestionarios

Capítulo 1. Fundamentación teórica

contienen cada una de las estimaciones realizadas a nivel personal por cada componente del grupo. (22)

Estos cuestionarios son entregados al coordinador del proceso, quien se encarga de comunicarle a cada experto la opinión de los demás, junto con datos estadísticos sobre todas las estimaciones entregadas.

Una vez que cada estimador posee esta información, vuelven a rellenar los cuestionarios y los entregan nuevamente al coordinador. Este proceso se repetirá hasta que el coordinador encuentre un consenso y una opinión generalizada acerca de la estimación del proyecto.

Con este método, se producen juicios de consenso de una manera rápida y eficaz. Además, es un método estructurado para estudiar la anticipación de sucesos futuros, permitiendo la incorporación de factores no racionales, algo muy útil cuando existan variables sociales que puedan tener impacto en la previsión.

Sin embargo, ofrece una serie de desventajas, relacionadas con la elaboración de los cuestionarios y la selección de los expertos. Para salvar la primera dificultad, se debe realizar un diseño mucho más elaborado y detallado de los cuestionarios entregados a los expertos. El segundo inconveniente puede ser solucionado mediante una elección aleatoria de entre todo el universo de estimadores con experiencia, para evitar así selecciones tendenciosas y dirigidas. (22)

1.7.3 COCOMO.

El Modelo Constructivo de Costos (CONstructive COst MOdel) es una jerarquía de modelos de estimación para el software. Esta jerarquía está constituida por los siguientes modelos:

- El modelo COCOMO básico: calcula el esfuerzo (y el costo) del desarrollo de software en función del tamaño del programa expresando en líneas de código (LDC) estimadas.
- El modelo COCOMO intermedio: calcula el esfuerzo del desarrollo de software en función del tamaño del programa y de un conjunto de conductores de costo, que incluyen la evaluación subjetiva del producto, del hardware, del personal y de los atributos del proyecto.
- El modelo COCOMO avanzado: incorpora todas las características de la versión intermedia y lleva a cabo una evaluación de impacto de los conductores de costo en cada fase del proceso de ingeniería 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; estimar el esfuerzo, costo 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 COCOMO original se ha convertido en uno de los modelos de estimación de coste del software más utilizados y estudiados en la industria. El modelo original ha evolucionado a un modelo de estimación más completo llamado COCOMO II. (21)

1.7.4 Puntos de Caso de Uso.

Este método estima el esfuerzo de desarrollo de un producto de software a partir de los Casos de Uso y algunos factores de complejidad técnica y ambiente que influyen en el desarrollo. Fue propuesto originalmente por Gustav Karner y posteriormente refinado por muchos otros autores. Este método exige la existencia de un modelo de casos de uso, por lo que se deberá comenzar a aplicar, una vez que se tenga algún entendimiento del dominio del problema o cuando se estén realizando las labores de arquitectura y dimensionamiento del tamaño del sistema.

El método utiliza los actores y casos de uso identificados para calcular el esfuerzo que costará desarrollarlos. A los casos de uso se les asigna una complejidad basada en transacciones, que son pares de pasos acción-usuario->respuesta-sistema de los escenarios de los casos de uso. A los actores se les asigna una complejidad basada en el tipo de actor, es decir, si son interfaces con usuarios o si son interfaces con otros sistemas (API⁹ o Protocolo¹⁰). También se utilizan factores de entorno y de complejidad técnica para afinar el resultado. (23)

1.7.5 Estimación por analogía.

Constituye un complemento al juicio de expertos. Las personas involucradas no solo trabajan con su experiencia acumulada, sino que disponen también de datos de proyectos acabados, relativamente similares al que hay que estimar. Así, por comparación, se pueden evaluar las diferencias entre el nuevo proyecto y los antiguos y extrapolar su costo.

Cuando se dispone de bastantes datos de proyectos terminados, se puede mejorar la analogía. Así, seleccionando dos proyectos parecidos al actual, uno mayor y otro menor, se puede obtener una mejor estimación interpolando los valores de ambos. (24)

Esta técnica tiene varias ventajas entre la que se encuentran:

⁹ API: interfaz de programación de aplicaciones (del inglés *Application Programming Interface*) es el conjunto de funciones y procedimientos (o métodos, en la programación orientada a objetos) que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

¹⁰ Protocolo: es un conjunto de reglas usadas por computadoras para comunicarse unas con otras a través de una red.

Capítulo 1. Fundamentación teórica

- El método de razonamiento es similar al empleado por la mente humana.
- Es apropiado para situaciones con un dominio difícil de modelar.
- Se puede aplicar sin necesidad de conocer completamente el proyecto a estimar.

Además, presenta una serie de inconvenientes como:

- El proyecto seleccionado como análogo puede no ser apropiado para la estimación.
- El estimador según su juicio personal puede escoger proyectos análogos no recomendables, o excluir aquellos que sí sean válidos.
- Existe controversia sobre cuál es el mejor método de cálculo de similitud.
- No existe un mecanismo de ajuste del esfuerzo del proyecto análogo mejor que otro.

Como resumen se puede decir que la principal ventaja de esta técnica es que está basada en la experiencia real de los proyectos. El inconveniente esencial es que es difícil conocer realmente el grado de similitud del proyecto que se estima con el terminado elegido.

Esta será la técnica que se utilizará para realizar la estimación del despliegue de Cedrux debido a que es la más idónea teniendo en cuenta que se va a realizar el mismo a través de la información ya obtenida del despliegue en los pilotos.

1.8 Conclusiones parciales

Después de analizadas las diferentes metodologías, se puede concluir que las mismas presentan limitaciones para su uso en despliegues de sistema de gestión. Debido a que no cuentan con todas las actividades de relevancia necesarias para el mismo. Es por esto que para la realización del procedimiento se van a utilizar las actividades por cada proceso del método para despliegue de sistema de gestión.

Además, se analizaron varias técnicas de estimación, de las cuales se seleccionó la estimación por analogía. Debido a que esta es la más idónea teniendo en cuenta que se va a realizar la estimación del proceso de despliegue de Cedrux a través de la información ya obtenida anteriormente del despliegue realizado en las entidades pilotos.

Capítulo 2. Propuesta de solución

2.1 Introducción

En el presente capítulo se propone un procedimiento para estimar la duración del proceso de despliegue del sistema Cedrux. Se definen los pasos que este debe seguir, así como las métricas a utilizar en el mismo. Este procedimiento se basa en proveer un tiempo de implantación medio con el fin de evitar la incertidumbre tanto en el equipo de implantación como en los usuarios finales.

2.2 Bases del procedimiento de estimación de tiempo y esfuerzo del proceso de despliegue del sistema Cedrux

El desarrollo del procedimiento surge de la necesidad de estimar el tiempo y el esfuerzo requerido para implantar el sistema integral de gestión Cedrux. Para ello se utiliza la técnica de estimación por analogía, basado en la utilización de algoritmos de clasificación de instancias previos a la estimación y en el ajuste de las estimaciones por proporcionalidad. En la [Figura 7](#) se puede observar el proceso seguido por la alternativa de estimación propuesta.

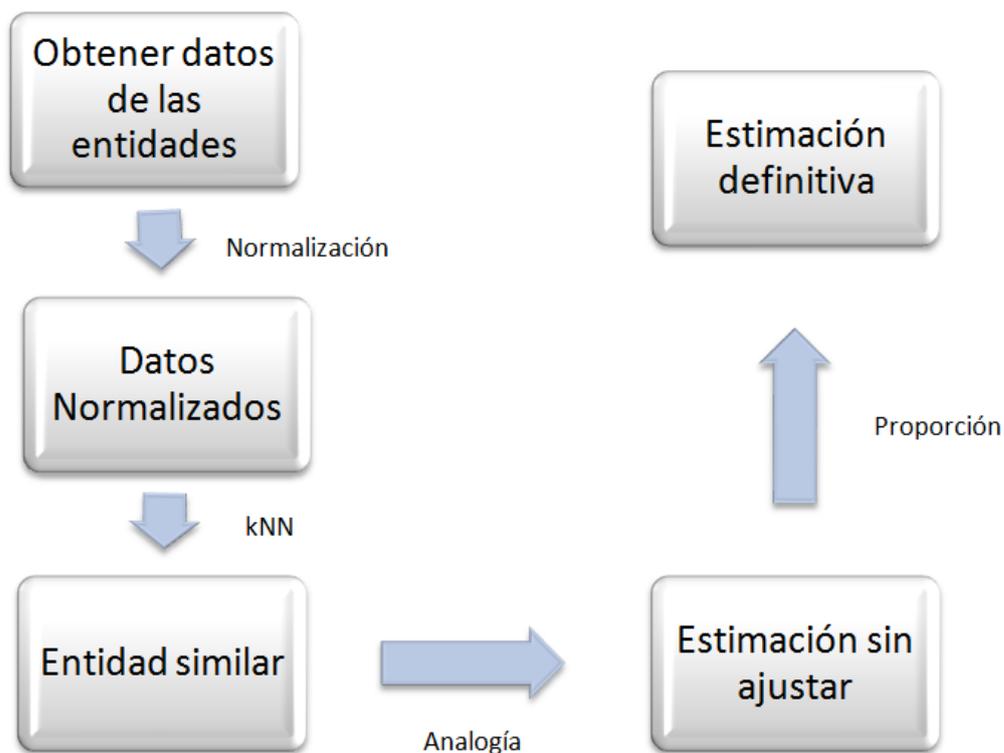


Figura 7: Proceso de estimación.

2.2.1 Datos de las entidades

Para realizar la estimación se necesita la información de las entidades en las cuales se desplegó el sistema integral de gestión Cedrux, donde cada entidad piloto tendrá asignado un identificador, posee una serie de parámetros cuantificados

numéricamente, y además tiene asociado un esfuerzo que será la medida sobre la que se realizarán las estimaciones.

En un principio no se disponía de datos reales con los que probar el procedimiento de estimación planteado, por lo que se decidió generar de manera aleatoria los datos de cada proyecto a utilizar. Con esto se consiguió obtener de una manera rápida la información con la que entrenar y probar el sistema, pero surge un problema: no existe relación entre las características de las entidades pilotos y sus esfuerzos, ya que son todos datos aleatorios. Esta situación obliga a utilizar datos reales de proyectos, los cuales fueron igualmente almacenados y tratados.

Para la obtención de la información de las entidades piloto se realizaron encuestas a expertos en el tema (Ver [Anexo 1](#)). Se utilizó esta técnica de obtención de información debido a que esta permite lograr una mayor agilidad en el trabajo y obtener la información de manera más organizada además de ser un método de trabajo económico y rápido.

Entre las principales ventajas de haber aplicado esta técnica se encuentran:

- Obtener gran cantidad de información de los expertos encuestados.
- Obtener información fácil de procesar e interpretar.

Los expertos respondieron a las interrogantes de la encuesta apoyándose en su experiencia en la implantación.

2.2.1.1 Descripción de los indicadores

Los indicadores son puntos de referencia, que brindan información cualitativa o cuantitativa, conformada por uno o varios datos, constituidos por percepciones, números, hechos, opiniones o medidas, que permiten seguir el desenvolvimiento de un proceso y su evaluación, y que deben guardar relación con el mismo. (25)

Para la realización del procedimiento se definieron una serie de indicadores los cuales se describen a continuación:

- **Tamaño de la empresa**

El indicador hace referencia al tamaño de la empresa. Esta se clasifica en pequeña, mediana y grande.

- **Infraestructura**

El indicador hace referencia a la existencia de la infraestructura tecnológica¹¹ necesaria en la entidad para la instalación del sistema Cedrux.

- **Cantidad Personas**

¹¹ Infraestructura tecnológica: es el conjunto de todos los elementos tecnológicos que integran un proyecto o sustentan una operación.

El indicador hace referencia a la cantidad de personas vinculadas a los roles que van a participar en el despliegue del sistema.

- **Cambio procesos**

El indicador hace referencia a la existencia de cambios en los procesos de trabajo y en los flujos de información.

- **Sistema anterior**

El indicador hace referencia a la existencia de un sistema anterior implantado en la entidad.

- **Interoperabilidad**

El indicador hace referencia a la necesidad de interoperar¹² el sistema anteriormente implantado con Cedrux para así darle seguimiento a la carga inicial del sistema recién desplegado en la entidad.

- **Cantidad módulos**

El indicador hace referencia a la cantidad de módulos que se van a implantar teniendo en cuenta los factores de tiempo de duración de cada uno de ellos.

2.2.2 Normalización de los datos

Un factor fundamental que debe ser tenido en cuenta a la hora de almacenar los datos, es la necesidad de que estén expresados en la misma medida de tiempo, es decir, que cada indicador de las entidades piloto esté expresado en una magnitud igual para todos ellos.

Por ello, a los datos se les debe aplicar primeramente una normalización. Con esto se consigue que las medidas de distancia empleadas sean mucho más coherentes y no se den como parecidos aquellas entidades que en realidad no lo son.

2.2.3 Algoritmo kNN

K-Vecinos más cercanos (del inglés k Nearest Neighbours) es uno de los algoritmos más utilizados para clasificar instancias. Está basado en la búsqueda de los k elementos más parecidos a uno dado.

En el procedimiento, dicho algoritmo se encargará de seleccionar las entidades más parecidas a la que se quiere estimar, para obtener a partir de ellos un valor aproximado de esfuerzo para la entidad a estimar.

Para alcanzar el objetivo de encontrar las k entidades más parecidas a una dada, el algoritmo kNN implementado sigue los siguientes pasos ([Figura 8](#)):

¹² Interoperar: es la facultad que tienen los sistemas de distintos fabricantes para cooperar usando un conjunto de protocolos en común.

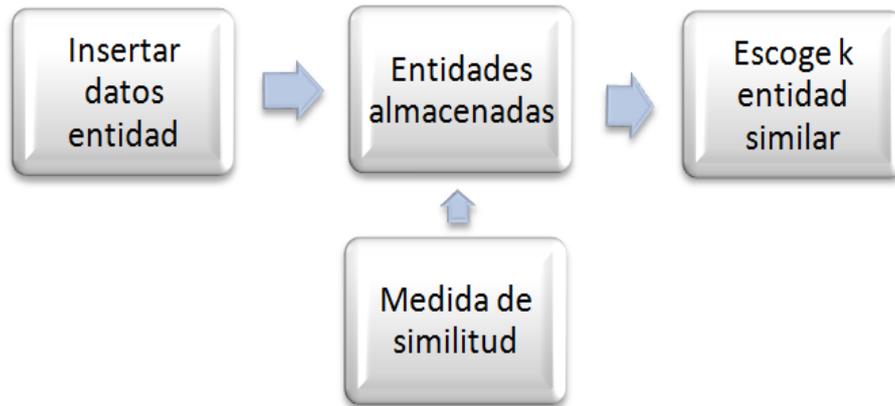


Figura 8: Algoritmo kNN.

- Se inserta los datos de una entidad.
- Para cada uno de los entidades piloto almacenadas:
 - Se calcula la distancia que la separa de la entidad insertada.
- Se escoge la k entidad con mayor valor de similitud.

Al final de este algoritmo, se obtendrá la k entidad más semejante al proyecto a estimar. Con este valor se puede comenzar a realizar las estimaciones basadas en la analogía.

2.2.3.1 Medida de similitud

Para poder realizar una estimación sobre un proyecto utilizando la analogía, es necesario en primer lugar determinar cuál o cuáles de las entidades pilotos ya almacenadas en una base de datos son más parecidas a la que se quiere estimar.

Para realizar esta tarea, debe determinarse el criterio para establecer las distancias entre las mismas. Existen multitud de medidas de similitud entre ejemplares, siendo las más usadas las distancias de Euclides, de Manhattan y de Minkowski.

En este trabajo se va a utilizar la expresión de la distancia de Manhattan la cual viene determinada por la siguiente fórmula:

$$d(P_{xi}|P_{yi}) = \sum_{i=1}^m |P_{xi} - P_{yi}| \quad \text{CITATION IOS1 V 1033 | (26)}$$

Donde:

P_x : es el proyecto que está siendo estimado.

P_y : es un proyecto de la base de datos.

P_{xi} : es el valor que toma el factor i en el proyecto P_x .

P_{yi} : el valor del mismo factor i pero en el proyecto P_y .

m: es el número de factores de los proyectos.

La fórmula se utiliza con el identificador cantidad de personas donde se va a calcular la distancia que existe entre cada una de las entidades almacenadas y la que se desea estimar. Esto va a permitir obtener la entidad piloto más similar a la que está bajo examen. Lógicamente, esta entidad será el ejemplar con la menor distancia a la que se está estimando.

2.2.4 Estimación por analogía

Para poder realizar la estimación del esfuerzo es necesario conocer en primer lugar el esfuerzo de la k entidad determinada como más cercana por el algoritmo anterior.

La estimación por analogía en primer lugar indica un valor estimado el cual va a ser igual al esfuerzo de la entidad más cercana.

Una vez obtenido la entidad similar, solo se necesita ajustar los valores de la misma para poder estimar el esfuerzo de duración.

2.2.5 Ajustar estimación

El valor indicado por la estimación anterior debe ser ajustado para obtener una estimación más exacta. Para realizar este ajuste, existen gran cantidad de técnicas y procedimientos, que pasan por redes neuronales, algoritmos genéticos, redes bayesianas y probabilidad.

Este procedimiento implementa un ajuste sencillo y matemáticamente muy simple. El ajuste utilizado se basa en un fenómeno matemático el cual se denomina “proporcionalidad”. La expresión que adopta el ajuste es la siguiente:

$$\text{Esfuerzo} = \frac{\text{EPC} * \text{cantP}_x}{\text{cantP}_y}$$

Donde:

Esfuerzo: el valor medio de estimación de tiempo de despliegue del sistema.

EPC: el esfuerzo asociado al más cercano dentro de los proyectos análogos.

cantP_x: cantidad de personas asociadas al más cercano dentro de los proyectos análogos.

cantP_y: cantidad de personas asociadas al proyecto a estimar.

Este sencillo ajuste procura ofrecer un valor medio de estimación de la implantación del sistema.

2.2.6 Métricas definidas en el procedimiento de estimación.

Para el desarrollo del procedimiento de estimación se definieron una serie de métricas.

Para entender mejor el significado de esta palabra se tienen los siguientes conceptos:

Capítulo 2. Propuesta de solución

En la ingeniería informática, la métrica es la medida que permite caracterizar un sistema de información o software. (26)

Métrica: Es una medida cuantitativa del grado en que un sistema, componente o proceso posee un atributo dado. (27)

Se definen las métricas de software como “La aplicación continua de mediciones basadas en técnicas para el proceso de desarrollo del software y sus productos para suministrar información relevante a tiempo, así el administrador junto con el empleo de estas técnicas mejorará el proceso y sus productos”. Las métricas de software proveen la información necesaria para la toma de decisiones técnicas. (28)

2.2.6.1 Métricas de Esfuerzo.

Para determinar el esfuerzo de duración del despliegue de Cedrux se realizó un análisis de la información recogida de los pilotos basándose en la técnica de estimación por analogía.

Para calcular el esfuerzo es necesario definir el tiempo dedicado a trabajar en el proceso que se va a realizar. Esto queda representado de la siguiente forma:

1 día = 8 horas/hombres.

1 semana = 5.5 días/hombres.

1 mes = 4.3 semanas/hombres.

1 año = 12 meses/hombres.

El esfuerzo total del despliegue (E_{tot}) está dado por la siguiente fórmula:

$$E_{tot} = E_{T_{Mod}} + E_{T_{fe}}$$

$$E_{T_{Mod}} = E_S + E_{EC} + E_{Conf} + E_M + E_{Cont} + E_{CP} + E_{CH} + E_L + E_F + E_R + E_T$$

$$E_{T_{fe}} = \sum_0^6 E_{fe}$$

Donde:

$E_{T_{Mod}}$: Esfuerzo total de los módulos.

$E_{T_{fe}}$: Esfuerzo total de factores entidad.

E_S : Esfuerzo módulo seguridad.

E_{EC} : Esfuerzo módulo estructura y composición.

E_{Conf} : Esfuerzo módulo configuración.

E_M : Esfuerzo módulo multimoneda.

E_{Cont} : Esfuerzo módulo contabilidad.

E_{CP} : Esfuerzo módulo costos y procesos.

E_{CH} : Esfuerzo módulo capital humano.

E_L : Esfuerzo módulo logística.

E_F : Esfuerzo módulo finanzas

E_R : Esfuerzo módulo recuperaciones.

E_T : Esfuerzo módulo trazas.

E_{fe} : Esfuerzo factor entidad.

2.2.7 Factor Entidad.

El Factor Entidad permite calcular el tiempo a partir del comportamiento de la entidad para asimilar el despliegue a partir de una serie de indicadores.

Tabla 2: Valor otorgado para cada identificador del factor entidad.

Factor entidad		
Indicador	Descripción	Valoración
Requisitos no funcionales	¿La entidad cumple con los requisitos no funcionales que el sistema necesita?	(Sí, No)
Existencia de sistema anterior	¿Existe un sistema instalado anteriormente en la entidad?	(Sí, No)
Interoperabilidad	¿Implica realizar interoperabilidad entre sistemas?	(Sí, No)
Convivencia de varios sistemas	¿Deben convivir más de un sistema?	(Sí, No)
Infraestructura de la entidad	¿Implica cambios en la infraestructura de la entidad?	(Sí, No)
Cambios en procesos	¿Implica cambios en los procesos de la entidad?	(Sí, No)
Tamaño de la entidad	Indique el tamaño de la entidad	(Pequeña, Mediana, Grande)

El factor cliente se calcula a partir de comparaciones de la información de las entidades pilotas almacenadas con las características que presenta la entidad.

2.3 Procedimiento de estimación

Después de analizadas las bases se puede definir los pasos a seguir en el procedimiento.

Pasos a seguir:

1. Insertar la información necesaria.

Capítulo 2. Propuesta de solución

El jefe de equipo de implantación se encarga de registrar la información necesaria para la realización de la estimación (Figura 9), esta información hace referencia a:

- Los módulos que se desean instalar (Si, No).
- Los componentes a instalar y su complejidad (Baja, Media, Alta).
- Los roles que estarán presentes en la implantación del sistema.

Informaciones Necesarias				
No.	Nombre de módulos a instalar	Instalar	Rol	Cantidad
1	Seguridad		Por parte del implantador	
2	Estructura y composición		Jefe de equipo de implantación	
3	Configuración		Especialista informático	
4	Multimoneda		Especialista de implantación	
5	Contabilidad		Consultor funcional	
6	Costos y procesos		Por parte del cliente	
7	Capital Humano		Técnico Informático	
8	Logística		Usuarios expertos	
9	Finanzas		Total	0
10	Recuperaciones			
11	Traza		Cantidad módulos a intalar	0

Figura 9: Interfaz Informaciones Necesarias.

2. Evaluar características de la entidad.

El jefe de equipo de implantación registra el comportamiento de la entidad para asimilar el despliegue a partir de una serie de factores. (Figura 10)

Factor entidad		
Indicador	Descripción	Valor
Requisitos no funcionales	¿La entidad cumple con los requisitos no funcionales que el sistema necesita?	
Existencia de sistema anterior	¿Existe un sistema instalado anteriormente en la entidad?	Si
Interoperabilidad	¿Implica realizar interoperabilidad entre sistemas?	Si
Convivencia de varios sistemas	¿Deben convivir más de un sistema?	
Infraestructura de la entidad	¿Implica cambios en la infraestructura de la entidad?	
Cambios en procesos	¿Implica cambios en los procesos de la entidad?	
Tamaño de la entidad	Indique el tamaño de la entidad	Pequeña

Figura 10: Interfaz Factor entidad.

3. Resultados de la estimación.

Después de registrar todas las informaciones necesarias y evaluar los factores se muestra el resultado de las estimaciones con los valores de tiempo y esfuerzo por

Capítulo 2. Propuesta de solución

actividad y por módulos. Además de proporcionar el tiempo y el esfuerzo total de implantación del sistema Cedrux en esa entidad. (Figura 11)

Resultados Estimación					
Tiempo y Esfuerzo por Actividades					
Actividad	Esfuerzo				
	Horas	Días	Semanas	Meses	Años
Diagnóstico	0	0	0	0	0
Composición de los equipos de despliegue	0	0	0	0	0
Preparación de la formación	0	0	0	0	0
Planificación de alcance y tiempo	0	0	0	0	0
Análisis de los procesos	0	0	0	0	0
Desarrollo de adaptaciones	0	0	0	0	0
Pruebas de aceptación	0	0	0	0	0
Instalación técnica	0	0	0	0	0
Configuración y carga de datos	0	0	0	0	0
Formación	0	0	0	0	0
Pruebas de implantación	0	0	0	0	0
Determinación del soporte técnico	0	0	0	0	0
Paso a producción	0	0	0	0	0

Tiempo y Esfuerzo por Módulos					
Módulos	Esfuerzo				
	Horas	Días	Semanas	Meses	Años
Seguridad	0	0	0	0	0
Estructura y composición	0	0	0	0	0
Configuración	0	0	0	0	0
Multimoneda	0	0	0	0	0
Contabilidad	0	0	0	0	0
Costos y procesos	0	0	0	0	0
Capital Humano	0	0	0	0	0
Logística	0	0	0	0	0
Finanzas	0	0	0	0	0
Recuperaciones	0	0	0	0	0
Traza	0	0	0	0	0

	Horas	Días	Semanas	Meses	Años
Total de Esfuerzo de las Actividades	0	0	0	0	0
Total de Esfuerzo de los Módulos	0	0	0	0	0
Esfuerzo Total	0	0	0	0	0

Figura 11: Interfaz Resultados Estimación.

2.4 Conclusiones parciales

Se elaboró un procedimiento como propuesta, para que guíe la estimación del tiempo y esfuerzo al implantar el sistema integral de gestión Cedrux. Para esto se especificó la forma en que se debe aplicar el procedimiento. Además se definió su objetivo y las fórmulas necesarias para mejorar la calidad al realizar este proceso.

Capítulo 3. Validación de la propuesta

3.1 Introducción

En el presente capítulo se realiza una validación de la solución propuesta a través del criterio de un grupo de expertos. Con el objetivo de obtener la valoración de estos sobre el procedimiento actual basada en experiencias anteriores difíciles de evaluar por otros medios. Finalmente, se hace un análisis a partir de las evaluaciones emitidas por los expertos y se determina el nivel de aceptación de la propuesta.

3.2 Métodos expertos

Los métodos de expertos utilizan como fuente de información un grupo de personas a las que se supone un conocimiento elevado de la materia que se va a tratar.

Los métodos de expertos tienen las siguientes ventajas:

- La información disponible está siempre más contrastada que aquella de la que dispone el participante mejor preparado, es decir, que la del experto más versado en el tema. Esta afirmación se basa en la idea de que varias cabezas son mejor que una.
- El número de factores que es considerado por un grupo es mayor que el que podría ser tenido en cuenta por una sola persona. Cada experto podrá aportar a la discusión general la idea que tiene sobre el tema debatido desde su área de conocimiento.

El método de expertos ideal sería aquel que extrajese los beneficios de la interacción directa y eliminase sus inconvenientes. (29)

3.3 Método Delphi.

El método Delphi pretende extraer y maximizar las ventajas que presentan los métodos basados en grupos de expertos y minimizar sus inconvenientes.

“El objetivo de la técnica es lograr un consenso fiable entre las opiniones de un grupo de expertos, por medio de una serie de cuestionarios que se responden anónimamente. La técnica ha pasado, de un enfoque predictivo sobre situaciones futuras posibles, a uno basado en identificar y/o priorizar preferencias o soluciones a problemas prácticos por parte de un grupo de expertos”. (29) (30)

Este método presenta tres características fundamentales, que le permiten garantizar la calidad de los resultados, para lanzar y analizar la Delphi:

- **Anonimato:** Durante la puesta en práctica del método de experto, ningún experto conoce la identidad de los otros que componen el grupo de debate. Esto tiene una serie de aspectos positivos, como son:

Capítulo 3. Validación de la propuesta

- Impide la posibilidad de que un miembro del grupo sea influenciado por la reputación de otro de los miembros o por el peso que supone oponerse a la mayoría. La única influencia posible es la de la congruencia ¹³de los argumentos.
- Permite que un miembro pueda cambiar sus opiniones sin que eso suponga una pérdida de imagen.
- El experto puede defender sus argumentos con la tranquilidad que da saber que en caso de que sean erróneos, su equivocación no va a ser conocida por los otros expertos.
- **Iteración y realimentación controlada:** La iteración se consigue al presentar varias veces el mismo cuestionario. Como, además, se van presentando los resultados obtenidos con los cuestionarios anteriores, se consigue que los expertos vayan conociendo los distintos puntos de vista y puedan ir modificando su opinión si los argumentos presentados les parecen más apropiados que los suyos.
- **Respuesta del grupo en forma estadística:** La información que se presenta a los expertos no es sólo el punto de vista de la mayoría, sino que se presentan todas las opiniones indicando el grado de acuerdo que se ha obtenido. (29)

3.4 Método para la validación de la propuesta.

Para validar la propuesta se utilizó el método de experto, que permite tomar decisiones para aceptar o no la propuesta de acuerdo con los criterios definidos. (31)

Para llevar a cabo el desarrollo del mismo se efectuaron un conjunto de pasos:

Paso 1: Se elaboran los criterios de evaluación de acuerdo a las características de la propuesta y se organizan por grupos.

Grupo No.1: Criterios de mérito científico

- Valor científico de la propuesta.
- Calidad de la investigación.
- Aporte científico.
- Novedad científica.

Grupo No.2: Criterios de implantación

- Necesidad del uso de la propuesta.
- Posibilidades de aplicación.

¹³ Congruencia: Relación lógica y coherente que se establece entre dos o más cosas.

Capítulo 3. Validación de la propuesta

Grupo No.3: Criterios de flexibilidad

- Adaptabilidad a proyectos de software.
- Facilidad de entendimiento de las métricas.
- Eficiencia y calidad de los indicadores seleccionados.

Grupo No.4: Criterios de impacto.

- Aceptación de la propuesta por los implantadores.
- Impacto en el área a la cual está destinada.

Grupo No.5: Criterios de usabilidad.

- La propuesta es de fácil entendimiento.

Paso 2: Se le asigna un peso relativo a cada grupo de criterios de acuerdo al porcentaje que representa cada grupo del total y los intereses a evaluar.

Grupo No.1 -----	25
Grupo No.2 -----	15
Grupo No.3 -----	30
Grupo No.4 -----	20
Grupo No.5 -----	10

Paso 3: Se organiza un comité de expertos con 5 integrantes teniendo en cuenta su conocimiento sobre el tema tratado en el trabajo.

Paso 4: Se les entrega a los expertos la propuesta para que estudien el tema a evaluar y dos modelos, uno para que valore el peso relativo de cada criterio y así poder calcular la concordancia entre los expertos (Anexo 2), y otro para calcular el nivel de aceptación de la propuesta con una escala de 1-5 y la apreciación cualitativa con una clasificación final de la propuesta en excelente, bueno, aceptable, cuestionable y malo. También se da la posibilidad de dar su opinión haciendo una valoración final de la propuesta, emitiendo todas aquellas consideraciones que estimaron convenientes. (Anexo 3)

Paso 5: Después de recibir los valores del peso relativo de cada criterio se construye la tabla de los pesos otorgados, donde:

E: es el número de expertos que realizan la evaluación.

Ep: Puntuación promedio del peso dado por cada experto.

Capítulo 3. Validación de la propuesta

C: es el número de criterios que son evaluados.

G: es el número del grupo al que pertenecen los criterios.

Tabla 3: Peso otorgado por los expertos a los criterios.

G	C/E	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E _p
1	C ₁	5	5	6	7	6	5,8
	C ₂	7	8	7	8	7	7,4
	C ₃	6	4	5	3	4	4,4
	C ₄	7	8	7	7	8	7,4
	C ₅	8	9	7	6	8	7,6
	C ₆	7	6	8	9	7	7,4
3	C ₇	8	10	9	10	8	9
	C ₈	12	10	11	9	11	10,6
	C ₉	10	10	10	11	11	10,4
4	C ₁₀	11	10	8	9	10	9,6
	C ₁₁	9	10	12	11	10	10,4
5	C ₁₂	10	10	10	10	10	10
T		100	100	100	100	100	100

Paso 6: Se utiliza el coeficiente de concordancia de Kendall y el estadígrafo Chi cuadrado (X²) para verificar la consistencia en el trabajo de los expertos, para esto se sigue con el siguiente procedimiento.

Para cada criterio se determina:

C: número de criterios que van a evaluarse.

E: número de expertos que realizan la evaluación.

ΣE: sumatoria del peso dado por cada experto.

- Se determina la desviación de la media, que posteriormente se eleva al cuadrado para obtener la dispersión (S) por la expresión:

$$s = \sum (\sum E - \sum \sum E / c)^2$$

Capítulo 3. Validación de la propuesta

Los valores obtenidos del cálculo de la concordancia de Kendall se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4: Cálculo de la dispersión (S) para hallar la concordancia entre los expertos.

Expertos/Criterios	ΣE	$\Sigma E/C$	$\Sigma E - \Sigma \Sigma E/C$	$(\Sigma E - \Sigma \Sigma E/C)^2$
C1	29	2,4	-12,7	160,44
C2	37	3,1	-4,7	21,78
C3	22	1,8	-19,7	386,78
C4	37	3,1	-4,7	21,78
C5	38	3,2	-3,7	13,44
C6	37	3,1	-4,7	21,78
C7	45	3,8	3,3	11,11
C8	53	4,4	11,3	128,44
C9	52	4,3	10,3	106,78
C10	48	4,0	6,3	40,11
C11	52	4,3	10,3	106,78
C12	50	4,2	8,3	69,44
$\Sigma \Sigma E/C$	41,7			
$S = \Sigma (\Sigma E - \Sigma E/C)^2$	1088,67			

- Conociendo la dispersión se puede calcular el coeficiente de concordancia de Kendall (W)

$$W = S / (E^2(C^3 - C) / 12)$$

- El coeficiente de concordancia de Kendall permite calcular el Chi cuadrado real

$$X^2 = E(C - 1) W$$

Los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5: Cálculo de Concordancia.

Concordancia						
S	E ²	C ³ -C	E ² (C ³ -C)	E ² (C ³ -C)/12	W	X ²
1088,67	25	1716	42900	3575	0,30	16,5

El X² real es 16.5, para seleccionar el X² de la tabla de distribución de Chi cuadrado (Anexo 4), se toma 1- α =0.99 donde α es el error permisible, entonces α =0.01, valor dado debido a que habitualmente los especialistas trabajan con un nivel de confianza de 95% o 99%. En esta investigación se utilizó un error permisible de 0.01 para

Capítulo 3. Validación de la propuesta

obtener una mayor probabilidad de éxito con un 99% de confianza. Debe cumplirse que:

$$X_{\text{real}}^2 < X_{(\alpha, c-1)}^2$$

El cálculo arrojó como resultado: $16.5 < 24.725$, por lo que se llega a la conclusión de que existe concordancia entre los expertos.

Paso 7: Consecutivamente se identifica el peso relativo a cada criterio P y es calculado el Índice de Aceptación (IA) de la propuesta de solución. Para esto se utiliza el siguiente procedimiento:

- Conociendo el número de expertos que realizan la evaluación E y la sumatoria de las puntuaciones de cada criterio (C), se puede calcular el peso de cada criterio (P).
- Conociendo el peso de cada criterio P y la cantidad de expertos se puede obtener el valor de P*c, donde c es el criterio promedio concebido por los expertos en escala de 1 a 5.
- Con el valor anterior se calcula el Índice de Aceptación (IA).

$$IA = \frac{\sum(P * c)}{5}$$

Tabla 6: Resumen de la clasificación de cada criterio.

Criterios	Clasificación (c)					P	P x c
	1	2	3	4	5		
C1			X			0,06	0,17
C2			X			0,07	0,22
C3		X				0,04	0,09
C4			X			0,07	0,22
C5			X			0,08	0,23
C6			X			0,07	0,22
C7				X		0,09	0,36
C8					X	0,11	0,53
C9				X		0,10	0,31
C10				X		0,10	0,38
C11					X	0,10	0,52
C12				X		0,10	0,40
Σ(P*C)	3,66						
IA=Σ(P x c) / 5	0,7324						

Capítulo 3. Validación de la propuesta

Paso 8: Finalmente, se determina la probabilidad de éxito de la propuesta, ubicando así el Índice de Aceptación (IA) calculado anteriormente, en los rangos que están predefinidos en la tabla que se muestra a continuación, en dependencia de donde se ubique es la probabilidad de éxito que tiene la propuesta.

Tabla 7: Rangos predefinidos de Índice de Aceptación.

Rangos	Índice de Aceptación
$IA > 0,7$	Existe alta probabilidad de éxito
$0,7 > IA > 0,5$	Existe probabilidad media de éxito
$0,5 > IA > 0,3$	Probabilidad de éxito baja
$0,3 > IA$	Fracaso seguro

El Índice de Aceptación (IA) calculado es 0,7324 por lo que existe una alta probabilidad de éxito.

3.5 Conclusiones parciales

En el presente capítulo se realizó la validación técnica de la propuesta de solución, para ello se utilizó el método de experto denominado Delphi. Se obtuvieron las valoraciones de los expertos de la solución propuesta. Se determinó el grado de concordancia entre estas valoraciones, las cuales fueron satisfactorias. Además se determinó la probabilidad de éxito de la propuesta, la cual dio como resultado una alta probabilidad de éxito, por lo que se concluye que la aplicación de la propuesta debe brindar resultados favorables.

Conclusiones

En el presente trabajo se describió un procedimiento para la estimación de tiempo y esfuerzo del proceso de despliegue del sistema integral de gestión Cedrux. Este procedimiento va a permitir obtener una aproximación media del tiempo que se va a demorar implantar el sistema en una entidad específica. El procedimiento tiene presente características importantes para estimar, el mismo es bastante práctico y fácil de utilizar y entender, además de estar bien estructurado.

Durante el desarrollo del trabajo se cumplieron todos los objetivos propuestos al inicio de la investigación:

- Se realizó un análisis del proceso de despliegue en las metodologías de desarrollo y las guías y enfoques más utilizadas a nivel mundial, llegando a la conclusión de que no cumplen los requisitos necesarios para realizar un despliegue de sistema de gestión.
- Se investigó sobre las técnicas de estimación de tiempo y esfuerzo durante el desarrollo de software, de las cuales se utiliza la técnica por analogía basada en la experiencia de proyectos similares.
- Se propuso un procedimiento para estimar el tiempo y el esfuerzo del proceso de despliegue del sistema integral de gestión Cedrux, el cual provee un tiempo de implantación medio para este proceso.
- El procedimiento planteado fue validado por un grupo de expertos, utilizando el método Delphi, obteniendo una alta probabilidad de éxito.

El procedimiento propuesto contribuye a mejorar la calidad de la planificación realizada y provee al sistema Cedrux de una herramienta para estimar el tiempo y el esfuerzo de implantación del mismo.

Recomendaciones

- Tener en cuenta la propuesta en el despliegue de la versión 1.0 de Cedrux.
- Desarrollar un sistema que permita automatizar todo o parte del procedimiento estudiado.
- Profundizar en el estudio de los indicadores a tener en cuenta para estimar con el objetivo de alcanzar un mayor nivel de perfeccionamiento del procedimiento propuesto.

Referencias Bibliográficas

1. Buscando ERP. [En línea] <http://buscandoerp.com/erp>.
2. **Kumar, K., y Hillegersberg, J.** Enterprise resource planning: Introduction. Communications of the ACM. 2000.
3. **Reuther, D.** Critical Factors for Enterprise Resources Planning System Selection and Implementation Projects within Small to Medium Enterprise. 2004.
4. **Laundon, K.C. Laundon y J.P.** Management Information Systems. 2000.
5. **Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico(ITSA).** ERP. s.l. : Comercio exterior y negocios internacionales ciclo tecnológico. Sistemas de información Unidad 3.
6. **Richard S. Hall, Dennis Heimbigner, Alexander L. Wolf.** A Cooperative Approach to Support Software Deployment Using the Software Dock. 1998.
7. **Daily Miranda Pardo, Juniel Tamayo Hernández.** Procedimiento para el despliegue de soluciones de software. Universidad de las Ciencias Informáticas, Ciudad de la Habana, Cuba : s.n., 2009.
8. **López Rivera, Ing. Johanny.** Método para despliegues de sistemas de gestión. Ciudad Habana : Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), septiembre 2010.
9. Método para el despliegue de sistemas de gestión. **López, Johanny Rivera.** 2 de 11 de 2010, FORDES.
10. **Martínez Alejandro, Martínez Raúl.** Guía a Rational Unified Process. s.l. : Escuela Politécnica Superior de Albacete. Universidad de Castilla la Mancha.
11. **P.Letelier.** Rational Unified Process (RUP). s.l. : Departamento de Sistemas Informáticos y Computación. Universidad Politécnica de Valencia.
12. **Rational Unified Process.** 2003.
13. **Amaro Calderón, Sarah Dámaris y Valverde Rebaza, Jorge Carlos.** Metodologías Ágiles. Trujillo – Perú : Universidad Nacional de Trujillo.Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Escuela de Informática, 2007.
14. **Patricio Letelier, María Carmen Penadés.** Metodologías Ágiles en el Desarrollo de Software. Valencia : Universidad Politécnica de Valencia.
15. **Vejerano García, Juniedi.** Procedimiento para el piloto de una Solución Informática. s.l. : Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), 2007.
16. **Reynoso, Carlos.** Métodos Heterodoxos en Desarrollo de Software. s.l. : Universidad de Buenos Aires, Abril de 2004.
17. MSF, metodología aplicada. [En línea] abril de 2008. <http://www.willydev.net/descargas/articulos/general/MSF.aspx>.

Referencias Bibliográficas

18. **Torres Flores, Carmina Lizeth.** Establecimiento de una Metodología de Desarrollo de Software para la Universidad de Navojoa Usando OpenUP. Departamento de Sistemas, Universidad de Navojoa : s.n., 2008.
19. **MAP Ministerio de Administraciones Públicas.** Metodología de gestión de proyectos. Métrica V.3. [En línea] 2005. <http://www.csi.map.es/csi/metrica3>.
20. **Project Management Institute.** Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK). Pennsylvania : PMI Publications, 2004. ISBN 1-930699-73-5.
21. **Pressman, Roger S.** Un enfoque práctico. s.l. : Quinta edición, Vol. 1., 2005.
22. **Sáez, Jesús Álvarez.** Revisión de los modelos de estimación software. s.l. : Escuela Politécnica Superior de Jaén.
23. **HERNÁNDEZ, S.E.B.** Métricas de estimación de tamaño: Puntos de Caso de Uso. 2002.
24. **Creative Commons.** Desarrollo de aplicaciones informaticas. [En línea] <http://desarrollodeaplicacionesinformaticas.com/index.php/Analisis-y-diseno-detallado-de-aplic.-informaticas/Tema-13-Gestion-y-control-de-proyectos-informati/4-estimacion.html> .
25. De Conceptos. [En línea] 4 de Septiembre de 2008. <http://deconceptos.com/general/indicador>.
26. IOS. [En línea] http://www.improvedoutcomes.com/docs/WebSiteDocs/Clustering/Clustering_Parameters/Manhattan_Distance_Metric.htm.
27. Definicion.de. [En línea] <http://definicion.de/metrica/>.
28. **PRESSMAN, R. S.** Ingeniería del Software. Un Enfoque Práctico. 1998. Vol. 5ta Edición.
29. **GONZÁLEZ, D.** Las Métricas de Software y su Uso en la Región. Mexico, Universidad de las Américas, Puebla : s.n., 2001.
30. GTIC, Grupo de tecnologías de la información y las comunicaciones. [En línea] <http://www.gtic.ssr.upm.es/encuestas/delphi.htm>.
31. **Jaimes, Marisol Carreño.** El método Delphi: cuando dos cabezas piensan más que una en el desarrollo de guías de práctica clínica. Bogotá, Colombia : s.n., febrero de 2009.
32. **GOLIATH, K.D. and Y.R. MARTINEZ.** Documentación imprescindible para los flujos de trabajo de diseño e implementación de software de gestión. 2007.

Bibliografía

Amaro Calderón, Sarah Dámaris y Valverde Rebaza, Jorge Carlos. Metodologías Ágiles. Trujillo – Perú : Universidad Nacional de Trujillo.Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Escuela de Informática, 2007.

Buscando ERP. [En línea] <http://buscandoerp.com/erp>.

Creative Commons. Desarrollo de aplicaciones informaticas. [En línea] <http://desarrollodeaplicacionesinformaticas.com/index.php/Analisis-y-diseno-detallado-de-aplic.-informaticas/Tema-13-Gestion-y-control-de-proyectos-informati/4-estimacion.html> .

Daily Miranda Pardo, Juniel Tamayo Hernández. Procedimiento para el despliegue de soluciones de software. Universidad de las Ciencias Informáticas, Ciudad de la Habana, Cuba : s.n., 2009.

De Conceptos. [En línea] 4 de Septiembre de 2008. <http://deconceptos.com/general/indicador>.

Definicion.de. [En línea] <http://definicion.de/metrica/>.

GOLIATH, K.D. and Y.R. MARTINEZ. Documentación imprescindible para los flujos de trabajo de diseño e implementación de software de gestión. 2007.

GONZÁLEZ, D. Las Métricas de Software y su Uso en la Región. Mexico, Universidad de las Américas, Puebla : s.n., 2001.

GTIC, Grupo de tecnologías de la información y las comunicaciones. [En línea] <http://www.gtlic.ssr.upm.es/encuestas/delphi.htm>.

HERNÁNDEZ, S.E.B. Métricas de estimación de tamaño: Puntos de Caso de Uso. 2002.

Instituto Tecnológico de Soledad Atlántico(ITSA). ERP. s.l. : Comercio exterior y negocios internacionales ciclo tecnológico. Sistemas de información Unidad 3.

Jaimes, Marisol Carreño. El método Delphi: cuando dos cabezas piensan más que una en el desarrollo de guías de práctica clínica. Bogotá, Colombia : s.n., febrero de 2009.

Kumar, K., y Hillegersberg, J. Enterprise resource planning: Introduction. Communications of the ACM. 2000.

Laundon, K.C. Laundon y J.P. Management Information Systems. 2000.

López Rivera, MsC. Johanny. Método para despliegues de sistemas de gestión. Ciudad Habana : Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), septiembre 2010.

MAP Ministerio de Administraciones Públicas. Metodología de gestión de proyectos. Métrica V.3. [En línea] 2005. <http://www.csi.map.es/csi/metrica3>.

Martínez Alejandro, Martínez Raúl. Guía a Rational Unified Process. s.l. : Escuela Politécnica Superior de Albacete. Universidad de Castilla la Mancha.

Método para el despliegue de sistemas de gestión. **López, Johanny Rivera.** 2 de 11 de 2010, FORDES.

MSF, metodología aplicada. [En línea] abril de 2008.
<http://www.willydev.net/descargas/articulos/general/MSF.aspx>.

P.Letelier. Rational Unified Process (RUP). s.l. : Departamento de Sistemas Informáticos y Computación. Universidad Politécnica de Valencia.

Patricio Letelier, María Carmen Penadés. Metodologías Ágiles en el Desarrollo de Software. Valencia : Universidad Politécnica de Valencia.

PRESSMAN, R. S. Ingeniería del Software. Un Enfoque Práctico. 1998. Vol. 5ta Edición.

Pressman, Roger S. Un enfoque práctico. s.l. : Quinta edición, Vol. 1., 2005.

Project Management Institute. Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK). Pennsylvania : PMI Publications, 2004. ISBN 1-930699-73-5.

Rational Unified Process. 2003.

Reuther, D. Critical Factors for Enterprise Resources Planning System Selection and Implementation Projects within Small to Medium Enterprise. 2004.

Reynoso, Carlos. Métodos Heterodoxos en Desarrollo de Software. s.l. : Universidad de Buenos Aires, Abril de 2004.

Richard S. Hall, Dennis Heimbigner, Alexander L. Wolf. A Cooperative Approach to Support Software Deployment Using the Software Dock. 1998.

Sáez, Jesús Álvarez. Revisión de los modelos de estimación software. s.l. : Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Torres Flores, Carmina Lizeth. Establecimiento de una Metodología de Desarrollo de Software para la Universidad de Navojoa Usando OpenUP. Departamento de Sistemas, Universidad de Navojoa : s.n., 2008.

Vejerano García, Juniedi. Procedimiento para el piloto de una Solución Informática. s.l. : Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), 2007.

Anexos

Anexo 1. Encuesta sobre despliegue de Cedrux en los pilotos.

Nombre de la entidad piloto: _____

Datos del encuestado

Nombre: _____

Rol que ejerció en el despliegue:

Preguntas

¿En qué fecha se comenzó el despliegue en la entidad? :

¿El despliegue en la entidad piloto ya terminó? Si ____ No ____

¿En qué cantidad de computadoras se desplegó el sistema?: _____

¿Cuánto tiempo duró la implantación del sistema?: _____

Marque con una X los roles que intervinieron en el despliegue, así como la cantidad de personas con ese rol. Si existe algún otro rol ponerlo en otros.

Por parte del implantador.

Jefe de equipo de implantación: ____ cantidad personas _____

Especialista en implantación: ____ cantidad personas _____

Especialista informático: ____ cantidad personas _____

Consultor funcional: ____ cantidad personas _____

Por parte del cliente (perteneciente a la entidad a informatizar)

Técnico informático: ____ cantidad personas _____

Usuarios expertos: ____ cantidad personas _____

Otros: _____ cantidad personas

¿Cómo se organizó el despliegue para llevar a cabo los procesos? _____

¿La entidad piloto cumplía con los requisitos no funcionales que el sistema necesita?:

Si ___ No___ En caso de no, diga el tiempo que tomó instalar los requisitos

¿Hubo que reemplazar u optimizar la infraestructura de la entidad?:

Si ___ No___ En caso de sí, diga el tiempo que tomo reemplazarla _____

¿Implica cambios en los procesos de la entidad?: si ___ no___ En caso de sí, diga el tiempo que tomó realizar este proceso _____

¿Existía un sistema instalado anteriormente?: si ___ no___

¿Hubo que realizar interoperabilidad entre sistemas?: si ___ no___ En caso de sí, diga el tiempo que tomó _____

¿Qué tiempo en que convivieron ambos sistemas?: _____

Procesos

Proceso de Planeación

Diga el tiempo que se demoró realizar la actividad de diagnostico en la entidad:

Diga el tiempo que se demoró la conformación de los equipos de implantación:

Diga el tiempo que se demoró realizar la planificación de alcance y tiempo:

Defina el tiempo que se demoró la preparación de la formación para cada uno de los módulos:

Módulo	Tiempo
Seguridad	
Estructura y composición	
Configuración	
Multimoneda	
Contabilidad	
Costos y procesos	
Capital Humano	
Logística	
Finanzas	
Recuperaciones	
Traza	

Proceso de Diseño y desarrollos específicos

Diga el tiempo que se demoró la realización de cada uno de las siguientes actividades en la entidad.

Módulo	Tiempo del análisis de los procesos	Tiempo del Desarrollo de adaptaciones	Tiempo de las Pruebas de aceptación
Seguridad			
Estructura y composición			
Configuración			
Multimoneda			
Contabilidad			
Costos y procesos			
Capital Humano			
Logística			
Finanzas			
Recuperaciones			
Traza			

Proceso de Implantación

Diga el tiempo que se demoró realizar la instalación técnica en la entidad:

_____.

Diga el tiempo que se demoró la realización de cada uno de las siguientes actividades en la entidad.

Módulo	Tiempo de la Configuración y carga de datos	Tiempo de Formación
Seguridad		
Estructura y composición		
Configuración		
Multimoneda		
Contabilidad		
Costos y procesos		
Capital Humano		
Logística		
Finanzas		
Recuperaciones		
Traza		

Proceso de Puesta en marcha

Diga el tiempo que se demoró realizar las pruebas de implantación del sistema:

_____.

Diga el tiempo de determinación del soporte técnico: _____

Diga el tiempo que se demoró el paso a la producción: _____

Anexo 2. Guía para informar el peso de los criterios.

Modelo No. 1

Guía para informar el peso de los criterios.

Fecha de recepción _____

Fecha de entrega _____

Experto # _____

El peso total asignado debe ser 100, usted le otorgará un peso a cada criterio de acuerdo a su opinión y el peso total de cada grupo debe sumar:

Grupo No.1 ----- 25

Grupo No.2 ----- 15

Grupo No.3 ----- 30

Grupo No.4 ----- 20

Grupo No.5 ----- 10

Grupo No. 1: Criterios de mérito científico

Valor científico de la propuesta.

Peso: _____

Calidad de la investigación.

Peso: _____

Aporte científico.

Peso: _____

Novedad científica.

Peso: _____

Grupo No. 2: Criterios implantación

Satisfacción de las necesidades de los implantadores de software.

Peso: _____

Necesidad del uso de la propuesta.

Peso: _____

Grupo No.3: Criterios de flexibilidad

Adaptabilidad a proyectos de software.

Peso: _____

Facilidad de entendimiento de las métricas.

Peso: _____

Eficiencia y calidad de los indicadores seleccionados.

Peso: _____

Grupo No.4: Criterios de impacto

Aceptación de la propuesta por los implantadores.

Peso: _____

Impacto en el área a la cual está destinada.

Peso: _____

Grupo No.5: Criterios de usabilidad.

La propuesta es de fácil entendimiento.

Peso: _____

Anexo 3. Guía para la evaluación

Modelo No. 2

Guía para la evaluación.

Fecha de recepción _____

Fecha de entrega _____

Experto # _____

Criterios de medida que se evalúan en una escala de 1 - 5

Grupo No. 1: Criterios de mérito científico

Valor científico de la propuesta.

Peso: _____

Calidad de la investigación.

Peso: _____

Aporte científico.

Peso: _____

Novedad científica.

Peso: _____

Grupo No. 2: Criterios implantación

Satisfacción de las necesidades de los implantadores de software.

Peso: _____

Necesidad del uso de la propuesta.

Peso: _____

Grupo No.3: Criterios de flexibilidad

Adaptabilidad a proyectos de software.

Peso: _____

Facilidad de entendimiento de las métricas.

Peso: _____

Eficiencia y calidad de los indicadores seleccionados.

Peso: _____

Grupo No.4: Criterios de impacto

Aceptación de la propuesta por los implantadores.

Peso: _____

Impacto en el área a la cual está destinada.

Peso: _____

Grupo No.5: Criterios de usabilidad.

La propuesta es de fácil entendimiento.

Peso: _____

Categoría final del proyecto

___ Excelente: Alta novedad científica, con aplicabilidad y resultados relevantes.

___ Bueno: Novedad científica, resultados destacados.

___ Aceptable: Suficientemente bueno con reservas.

___ Cuestionable: No tiene relevancia científica y los resultados son malos.

___ Malo: No aplicable.

Valoración final.

Sugerencias del evaluador para mejorar la calidad del proyecto.

Elementos críticos que deben mejorarse.

Anexo 4. Tabla de Distribución Chi Cuadrado

La siguiente tabla es una parte de la tabla de Distribución Chi Cuadrado.

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado,

v = Grados de Libertad.

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1864	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1394	33,7109	32,4612	31,3308	30,2825	29,2908	28,3361

20,2777	18,4753	16,0128
21,9549	20,0902	17,5345
23,5893	21,6660	19,0228
25,1881	23,2093	20,4832
26,7569	24,7250	21,9200
28,2997	26,2170	23,3367
29,8193	27,6882	24,7356
31,3194	29,1412	26,1189

Glosario de términos

Estimación: Es una pequeña planeación sobre qué es lo que va a ser en un proyecto.

Experto: El experto es más bien maestro de un conocimiento, que integra naturalmente elementos de conocimiento, pero que tiene en cuenta una experiencia y saberes transmitidos de modo no formalizado, el experto se define pues como el hombre capaz de emitir un juicio sobre un tema.

Indicador: Es una métrica o combinación de métricas que proporcionan una visión del proceso, del proyecto o del software en sí, y poder hacer ajustes para que las cosas mejoren.

Medición: Acto de determinar una medida.

Medida: Proporciona una indicación cuantitativa de extensión, cantidad, dimensiones, capacidad y tamaño de algunos atributos de un proceso o producto.

Métrica: Es una medida cuantitativa del grado en que un sistema o proceso posee un atributo dado.

Planificación: Es la actividad fundamental del gestor de proyecto que comprende la formulación de lo que hay que realizar para obtener una finalidad que será precisamente la del sistema que estamos planificando (Decidir + Hacer).
Control: Es inspección, fiscalización, intervención.

Procedimiento: Sucesión cronológica de operaciones concatenadas entre sí, que se constituyen en una unidad de función para la realización de una actividad o tarea específica dentro de un ámbito predeterminado de aplicación.

Procesos: Atributos de actividades relacionadas con el software.

Proyecto: Es el elemento organizativo a través del cual se gestiona el desarrollo de software y el resultado del mismo es una versión de un producto.

Software: Conjunto de instrucciones que las computadoras emplean para manipular datos.