



Facultad 8

**TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERÍA EN CIENCIAS INFORMÁTICAS**



Modelo de evaluación del proceso de desarrollo del Software Educativo.

Autor:

Risell Ramírez Ramos

Tutor:

Ing. Yaillet Martínez Pérez.

Julio, 2007

“Año 49 de la Revolución”

Curso 2006-2007

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 _____.

Risell Ramírez Ramos

Yaillet Martínez Pérez

Firma del Autor

Firma del Tutor

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.”

Albert Einstein

AGRADECIMIENTOS

Ante todo deseo expresar mi más sincero agradecimiento a la Revolución Cubana, que me ha dado la posibilidad de realizar mis sueños.

A la Universidad de las Ciencias Informáticas, por haberme formado como profesional a la altura de nuestros tiempos.

A Yudita y a Osiris por ser tan buenos amigos y por sobrellevarme todos estos años, además de brindarme su ayuda cada vez que la he necesitado.

A Bazán, Yusy y a Dianelys por formar parte de mi vida, ofrecerme apoyo en momentos difíciles y saber estar siempre en el momento preciso.

A mi tutora Ing. Yaillet Martínez Pérez, que a pesar del poco tiempo que tenía, supo orientarme y darme confianza.

A mis compañeros y amigos del preuniversitario que a pesar de la distancia me tienen siempre presente y se han preocupado mucho por mí. En especial a Temis, Aliannys, Robin, Yaself y Dayron.

A mis compañeros de cinco años de estudio y esfuerzo, por brindarme su amistad desinteresada, y compartir tantas cosas buenas y malas, que durarán en mi memoria para siempre.

A mis padres y familiares, por guiarme y apoyarme durante tantos años; y confiar en que podía lograrlo.

Risell

DEDICATORIA

Dedico este trabajo especialmente:

A mi mamá por ser la mejor madre del mundo y por apoyarme en cada uno de los momentos difíciles a los que me he enfrentado; a mi papá y a mi hermana Raiza por ser tan especiales en mi vida; a mi novio por ayudarme y quererme tanto; a su familia por aceptarme con tanto cariño, especialmente a mi suegra; a Vicente por preocuparse todo estos años y no olvidarse nunca de mí a pesar de la distancia y a todos aquellos que con su apoyo me alentaron en el desarrollo de la Tesis.

RESUMEN

La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) es una institución que se dedica al desarrollo del software, siendo el Software Educativo (SWE) una de sus principales líneas de producción. Actualmente esta producción se ve afectada por numerosas ineficiencias que presenta el producto final los cuales son provocadas por la falta de evaluación constante. Es por ello que surge la necesidad de crear un modelo que permita la evaluación en etapas previamente definidas, con el objetivo de encontrar y corregir los errores a tiempo. Para su creación se expuso de forma clara toda una gama de información acerca de los modelos y estándares de calidad más conocidos, que permitió después de un análisis profundo la selección de un conjunto de aspectos que se utilizaron como guía para su elaboración, efectuándose luego la validación de la misma. Este modelo permite una evaluación constante del proceso de desarrollo del SWE y la comparación de los resultados obtenidos con evaluaciones realizadas anteriormente en el proyecto o en algunos similares, además de garantizar la certificación de la calidad del producto final obtenido.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
1.1.- Introducción	5
1.2.- Proceso de desarrollo de software	5
1.3.- Calidad de software	6
1.3.1- Gestión de la Calidad del Software.....	8
1.4.- Calidad del Software Educativo (SWE)	8
1.5.- Calidad en la UCI.....	11
1.6. – Modelos y estándares de calidad.....	12
1.6.1.- Modelo de Integración de Capacidad de Madurez para el Software (CMMI-SW)	13
1.6.1.1. - Enfoques de CMMI	13
1.6.1.2. – Proceso de Evaluación de CMMI-SW (SCAMPI).....	18
1.6.1.2.1.- Roles y responsabilidades de los participantes en el proceso de evaluación	19
1.6.1.2.2.- Indicadores de Implementación de Proceso (PIIs)	20
1.6.1.2.3.- Método de evaluación	21
1.6.1.3.- Ventajas y Desventajas del Modelo de Evaluación que propone CMMI-SW.....	23
1.6.2.- SPICE	24
1.6.2.1.- Visión General	24
1.6.2.2.- Arquitectura.....	25
1.6.2.3.- Factores de éxito para la evaluación del proceso.....	28
1.6.2.4. Guía durante la realización de evaluaciones	29

1.6.2.5.- Ventajas y Desventajas del Modelo de Evaluación SPICE.....	35
1.6.3. – MOSCA.....	36
1.6.3.1.- Niveles que presenta el modelo de calidad sistémica MOSCA	36
1.6.3.2.- Descripción del Algoritmo para aplicar MOSCA	38
1.6.3.3.- Ventajas y Desventajas que presenta el modelo de calidad sistémica MOSCA	41
1.7.- Conclusiones	41
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	45
2.1.- Introducción	45
2.2.- Modelo de evaluación MPDSE	45
2.2.1.- Objetivos de MEPDSE.....	45
2.2.2.- Roles y responsabilidad de los participantes en el proceso de evaluación	45
2.2.3.- Procesos a tener en cuenta en la evaluación	47
2.2.4.- Puntos de Chequeo	48
2.2.5.- Descripción de las fases del Modelo de Evaluación MEPDSE.....	50
2.3.- Conclusiones	69
CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	71
3.1 Introducción	71
3.2.- Guía para la evaluación técnica.....	71
3.3.- Conclusiones	76
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES.....	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
BIBLIOGRAFÍA	83

GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	84
ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de desarrollo software.	6
Figura 2. Representación de los Niveles de madurez del enfoque escalonado de CMMI.....	15
Figura 3. Representación de las fases del método de evaluación SCAMPI y los principales responsables en cada una de ellas.....	21
Figura 4. Contexto para la utilización de la evaluación del proceso software que propone SPICE.....	24
Figura 5. Niveles de Capacidad y atributos del proceso en cada uno de estos niveles que propone SPICE.	27
Figura 6. Representación de los pasos que se deben seguir para realizar la evaluación que propone SPICE.	30
Figura 7. Estructura del MOSCA.....	37
Figura 8. Algoritmo de Aplicación MOSCA.	38
Figura 9. Sub-proceso que se desarrollan en la categoría del proceso de producción.	49
Figura 10. Fases del modelo de evaluación MEPDSE	50
Figura 11. Evaluación del proceso que propone el modelo MEPDSE.	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número mínimo de características que deben ser satisfechas por cada categoría para el proceso.	40
Tabla 2. Análisis del comportamiento de los aspectos seleccionados en los modelos y estándares estudiados.....	41
Tabla 3. Selección de los modelos y estándares que servirán de guía en la elaboración de la propuesta	42
Tabla 4. Descripción de la plantilla utilizada para la recogida de la información de partida.	51
Tabla 5. Descripción de la plantilla utilizada para la recogida de datos del equipo evaluador.....	52
Tabla 6. Descripción de la plantilla utilizada para la recogida de datos del plan de evaluación.	54
Tabla 7. Plantillas a llenar por puntos de chequeo.....	57
Tabla 8. Información que se recogerá en el 1er punto de chequeo.	57
Tabla 9. Información que se recogerá en el 2er punto de chequeo.	58
Tabla 10. Información que se recogerá en el 3er punto de chequeo.	60
Tabla 11. Información que se recogerá en cualquiera de los tres puntos de chequeo.	62
Tabla 12. Reglas para determinar el grado de satisfacción de un subproceso.....	65
Tabla 13. Reglas para determinar el grado de satisfacción de una categoría.	65
Tabla 14. Grados de Satisfacción y sus descripciones respectivamente.....	66
Tabla 15. Descripción de la plantilla guía para el documento resultante de la evaluación.	68
Tabla 16. Peso otorgado por los expertos a los criterios.	72
Tabla 17. Cálculo de la Dispersión (S) para hallar la concordancia entre los expertos.	73
Tabla 18. Tabla para el cálculo de concordancia.	74
Tabla 19. Calificación de cada criterio.....	75

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el desarrollo del software ha aumentado considerablemente, lo que hace que sea muy difícil lograr un posicionamiento y un reconocimiento en el mercado internacional. Esto trae consigo que sea un reto para la industria del software desarrollar las estrategias que le permitan alcanzar un nivel de calidad realmente alto, por lo que se hace necesario todo un estudio para la elección e implantación del Modelo o Estándar de Calidad indicado. (ALLIANCE 2007)

En Cuba en los últimos años ha habido un auge en el desarrollo de software, principalmente las empresas han comenzado la automatización e informatización de varias áreas donde el trabajo con las tecnologías se desempeña con mayor calidad y a corto plazo. Es por ello que el Gobierno Cubano tiene como una de sus tareas principales desarrollar la Industria Cubana del Software con el objetivo de informatizar la sociedad e insertarnos en el mercado de software a nivel mundial. (CUBAMINREX 2007)

En este contexto surge la UCI, que tiene como uno de sus objetivos principales producir software y servicios informáticos. Con el transcurso del tiempo esta universidad se ha convertido en la vanguardia del desarrollo de las empresas de software en Cuba y ha sido un pilar fundamental en la informatización de algunos sectores de la sociedad dentro de los que se destacan la Salud, Educación, Cultura, Deporte, etc. En la universidad se llevan a cabo varias líneas de producción, dentro de estas se encuentra el desarrollo de proyectos de SWE, el cual será la línea base que definirá el presente trabajo.

Realizando un estudio del desarrollo de SWE en la UCI, y de los principales factores que influyen en la obtención de productos sin la calidad esperada, se llega a la conclusión que existe un deficiente proceso de gestión de requisitos y dificultades en la integración de las diferentes áreas que participan en la producción, tales como la gestión de medias y el diseño visual del producto, que son provocadas por las siguientes ineficiencias:

- La inexistencia de procesos de gestión de configuración y salvos.
- La ausencia de sistemas de chequeo y control a los proyectos por parte de las entidades involucradas.
- La carencia de mecanismos de control relacionados con la seguridad de la información y de los procesos de protección a la propiedad intelectual.

- La falta de definición de los momentos de aprobación de los componentes y los responsables de esta tarea en cada momento del desarrollo del SWE.

Estas deficiencias no se encuentran sólo en el desarrollo de SWE, sino en muchas tipologías de software, y vienen dado en gran medida por la falta de un modelo que evalúe el proceso de desarrollo del mismo y que permita detectar los problemas a tiempo, garantizando así la calidad del producto final.

Es por ello que en la universidad se han tomado medidas con el objetivo de erradicar estas dificultades, dentro de las que se destacan:

- La creación de grupos de calidad por cada una de las facultades.
- El establecimiento de los lineamientos mínimos que deben cumplir todos los proyectos.
- La realización de pruebas al producto final para evaluar la calidad de este.
- El establecimiento de un conjunto de documentos y plantillas que tributan a la organización de cada proyecto.

A pesar de esto no se obtienen todavía productos con calidad suficiente y la eficiencia requerida para ganar prestigio en el mercado internacional, existen modelos como la serie ISO 9000 que aseguran que la falta de calidad es provocada por la ausencia de evaluación constante en el proceso de desarrollo del software.

El presente trabajo surge como necesidad de dar solución a las situaciones antes expuestas; por lo que el **problema científico** que se debe solucionar es: La no existencia en la Universidad de las Ciencias Informática de un modelo de evaluación del proceso de desarrollo de SWE.

De aquí que el **objeto de estudio** esté constituido por el proceso de desarrollo de SWE y que el **campo de acción** sea específicamente la calidad en ese proceso de desarrollo del SWE.

Todo ello encaminado a cumplir el **objetivo general** de proponer un modelo de evaluación del proceso de desarrollo del SWE, que garantice su correcta ejecución y la calidad del producto final.

De acuerdo con esta propuesta se derivan los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar el estado del arte para definir la posición teórica del investigador.
- Definir un modelo de evaluación para el proceso de desarrollo del SWE.

Para el desarrollo de la investigación se parte de la **idea a defender** que si se utiliza un modelo de evaluación para el proceso de desarrollo del SWE que tenga implícito los requisitos mínimos para la evaluación entonces será posible lograr aumentar la calidad del producto final.

Para el cumplimiento de los objetivos trazados y la idea a defender definida se proponen un conjunto de **tareas** que ayudarán a que la investigación se realice de forma eficiente, a continuación se especifican:

- Realizar un estudio detallado de los principales modelos y estándares de calidad que evalúan el proceso de desarrollo del software en el mundo.
- Seleccionar de los modelos de evaluación que proponen estos modelos y estándares lo que nos servirá de guía en la elaboración de la propuesta.
- Identificar los principales puntos de chequeos de la evaluación.
- Definir los roles y responsabilidades, los procesos que se tendrán en cuenta en la evaluación, los niveles de calidad, las métricas y los artefactos que se utilizarán para la recogida de información y la salida de los resultados.
- Definir la propuesta del modelo de evaluación del proceso de desarrollo del SWE.

Esta propuesta traerá consigo un mejoramiento de la calidad del producto final, además permitirá ir perfeccionando el proceso de desarrollo del SWE y la organización interna de cada uno de los proyectos que sigan esta línea de producción en la Universidad.

Actualmente en la UCI no se realiza este tipo de evaluación, de ahí la importancia de la investigación, la novedad y que el resultado obtenido sea aplicado en los proyectos productivos de SWE.

El presente documento se conforma por 3 capítulos, a continuación se presenta el nombre del capítulo y su objetivo en un contexto global:

Capítulo 1: Fundamentación Teórica. En este capítulo se formalizan todos los conceptos asociados al tema y que son necesarios para la comprensión de lo que se describe en el resto del trabajo. Además se detallan las medidas que se llevan a cabo en la universidad para la obtención de la calidad, analizándose el SWE y como se logra la calidad en éste. Se describen algunos modelos y estándares de calidad a nivel de proceso, los cuales se seleccionan dentro de la bibliografía por los resultados que han obtenido en la evaluación del proceso. Estos modelos se toman como base y se seleccionan elementos de los mismos que

posteriormente se adaptan a las características propias del SWE y de los proyectos que se llevan a cabo en la Universidad hasta llegar al modelo propuesto.

Capítulo 2: Descripción de la Propuesta de Solución. En este capítulo se presenta la propuesta del modelo de evaluación del proceso de desarrollo del SWE, en la cual se describen cada uno de los elementos que componen el modelo y se detallan los pasos que se realizan en la evaluación, especificándose también las ventajas que trae su aplicación.

Capítulo 3: Evaluación Técnica de la Propuesta de solución. En este capítulo se determina la probabilidad de éxito que tiene la propuesta, para esto se realizan un conjunto de cálculos los cuales se detallan con el objetivo de lograr un mayor entendimiento.

1

**CAPÍTULO
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA****1.1.- Introducción**

En el presente capítulo se exponen un grupo de conceptos importantes relacionados con la calidad en el proceso de desarrollo del SWE; se describen los métodos de evaluación propuestos por algunos de los modelos y estándares de calidad más utilizados en la actualidad y se especifican sus ventajas y desventajas; se seleccionan los aspectos que se tendrán en cuenta en la evaluación y se explica el por qué de la selección. Por último se plantea la solución teórica de la propuesta.

1.2.- Proceso de desarrollo de software

El término proceso de desarrollo de software es muy utilizado en la actualidad entre los profesionales de la Industria del Software, entre las tantas definiciones que existen hay dos que se adecúan al propósito del presente trabajo.

- Es un conjunto de herramientas, métodos y prácticas que se emplean para producir software. (ROMÁN *et al.* 1998)
- Es aquel en que las necesidades del usuario son traducidas en requerimientos de software, estos requerimientos transformados en diseño y el diseño implementado en código, el código es probado, documentado y certificado para su uso operativo. Concretamente "define quién está haciendo qué, cuándo hacerlo y cómo alcanzar un cierto objetivo". (JACOBSON 1998)
- Es un marco de trabajo de las tareas que se requieren para construir software de alta calidad (Ver Figura 1).



Figura 1. Proceso de desarrollo software. (PRESSMAN 2002)

Según la figura 1, el proceso es un marco común donde se define un pequeño número de actividades del marco de trabajo que son aplicables a todos los proyectos del software, con independencia de su tamaño o complejidad. Un conjunto de tareas -cada una de ellas es una colección de tareas de trabajo de ingeniería del software, hitos de proyectos, productos de trabajo, y puntos de garantía de calidad- que permiten que las actividades del marco se adapten a las características del proyecto del software y a los requisitos del equipo del proyecto. Finalmente, las actividades de protección –como la garantía de calidad del software, gestión de configuración del software y medición- abarcan el modelo de procesos. Las actividades de protección son independientes de cualquier actividad del marco de trabajo y aparecen durante todo el proceso. (PRESSMAN 2002)

De las definiciones anteriores se puede concluir que el proceso de desarrollo del software no es más que un conjunto de actividades que permiten convertir las necesidades de los usuarios en un sistema.

Como especifica Pressman en su definición, las actividades de protección aparecen durante todo el proceso; dentro de ellas está la garantía de la calidad, la que es muy importante debido a su influencia determinante sobre la calidad del producto final.

1.3.- Calidad de software

Uno de los mayores problemas que afecta la industria de software actual es la obtención de la calidad, producto de la exigencia de los clientes de realizar software cada vez más complejos en menor tiempo.

Debido a esta situación la calidad se ha vuelto un reto para cualquier equipo de desarrollo de software. (SCALONE 2006)

Pero, ¿qué es la calidad?

Es sinónimo de garantía y seguridad en el momento de adquirir un producto o un servicio ya que da tranquilidad a los que lo adquieren. (FARFÁN 1997)

Es la medida en que las propiedades de un bien o servicio cumplen con los requisitos establecidos en la norma o especificaciones técnicas, así como con las exigencias del usuario de dicho bien o servicio en cuanto a su funcionalidad, durabilidad y costo. (SEI 2002)

Es el conjunto de cualidades que lo caracterizan y que determinan su utilidad y existencia; es sinónimo de eficiencia, flexibilidad, corrección, confiabilidad, mantenibilidad, portabilidad, usabilidad, seguridad e integridad. (LEÓN *et al.* 1995)

Según Pressman en (PRESSMAN 2002) la calidad se define como la concordancia con los requisitos funcionales y de rendimiento explícitamente establecidos, con los estándares de desarrollo documentados, y con las características implícitas que se espera de todo software desarrollado profesionalmente.

Según ISO 9000 en (UNIT 2007) la calidad se define como el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”

Todas las definiciones anteriores conducen a cuatro conclusiones fundamentales:

- Los requisitos del software son la base de las medidas de calidad.
- La aplicación de un estándar o metodología es fundamental en la obtención de productos con calidad ya que estos definen un conjunto de criterios que guían el proceso de desarrollo del software.
- Existen un conjunto de características que tienen que estar implícitas en productos que tengan calidad.
- La principal muestra de calidad es que el usuario quede satisfecho con el producto.

Uno de los principales problemas que se presentan a la hora de hablar de calidad es encontrar un conjunto de propiedades en un software que den una indicación de la misma. Para dar solución a esto surgen los Modelos de Calidad, los que la definen de forma jerárquica y tienen como objetivo resolver la complejidad mediante la descomposición. (SCALONE 2006)

La implantación de un Modelo o Estándar requiere de una Gestión de la Calidad del Software. La calidad se logra a través de la Gestión de la Calidad, la cual consiste en la realización de actividades coordinadas que permiten dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad. (SCALONE 2006)

1.3.1- Gestión de la Calidad del Software

La Gestión de la Calidad de Software (GCS) es una actividad esencial para asegurar la calidad de los productos y la competitividad en el mercado de una empresa. Es un conjunto de actividades de la función general de la dirección que determina la calidad, los objetivos y las responsabilidades. (SCALONE 2006)

Engloba: (PRESSMAN 2002)

- Un enfoque de gestión de calidad.
- Tecnología de ingeniería de software efectiva.
- Revisiones técnicas formales que se aplican durante el proceso de desarrollo.
- Una estrategia de prueba multi-escalada.
- El control de la documentación del software y los estándares realizados.
- Un procedimiento que asegure un ajuste a los estándares de desarrollo del software.
- Mecanismos de medición y de generación de informes.

1.4.- Calidad del Software Educativo (SWE)

Antes de hablar de la calidad del SWE es importante conocer cuales son las particularidades que tiene éste que hace que sea distinto del resto, lo que conlleva a la siguiente pregunta **¿Qué es un SWE?**

El término SWE se define como:

Programas que permiten cumplir y apoyar funciones educativas. En esta categoría entran tanto los que dan soporte al proceso de enseñanza y aprendizaje, como los que apoyan la administración de procesos educativos o de investigación. (DÍAZ-ANTÓN *et al.* 2006)

Según Rodríguez Lamas (2000), es una aplicación informática, que soportada sobre una bien definida estrategia pedagógica, apoya directamente el proceso de enseñanza aprendizaje constituyendo un efectivo instrumento para el desarrollo educacional del hombre del próximo siglo.

Finalmente, los SWE se pueden considerar como el conjunto de recursos informáticos diseñados con la intención de ser utilizados en el contexto del proceso de enseñanza – aprendizaje.

Características del SWE

Los programas educativos pueden tratar las diferentes materias (matemáticas, idiomas, geografía, dibujo, etc.), de formas muy diversas (a partir de cuestionarios, facilitando una información estructurada a los alumnos, mediante la simulación de fenómenos, etc.) y ofrecer un entorno de trabajo más o menos sensible a las circunstancias de los alumnos y más o menos rico en posibilidades de interacción; pero todos comparten cinco **características esenciales**:

- Son materiales elaborados con una **finalidad didáctica**, como se desprende de la definición.
- **Utilizan el ordenador** como soporte en el que los alumnos realizan las actividades que ellos proponen.
- **Son interactivos**, contestan inmediatamente las acciones de los estudiantes y permiten un diálogo y un intercambio de informaciones entre el ordenador y los estudiantes.
- **Individualizan el trabajo** de los estudiantes, ya que se adaptan al ritmo de trabajo cada uno y pueden adaptar sus actividades según las actuaciones de los alumnos.
- **Son fáciles de usar**. Los conocimientos informáticos necesarios para utilizar la mayoría de estos programas son similares a los conocimientos de electrónica necesarios para usar un vídeo, es decir, son mínimos, aunque cada programa tiene unas reglas de funcionamiento que es necesario conocer. (MARQUÉS 2005)

Funciones del SWE

El SWE tiene una finalidad didáctica, debe ser iterativo, individualizar el trabajo y ser fácil de usar; además debe realizar diversas funciones: (FARFÁN 1997)

Informativa: Los programas a través de sus actividades presentan contenidos que proporcionan una información estructurada de la realidad a los estudiantes.

Instructiva: Orientan y regulan el aprendizaje de los estudiantes ya que, explícita o implícitamente, promueven determinadas actuaciones de los mismos encaminada a facilitar el logro de unos objetivos educativos específicos.

Motivadora: El estudiante se siente atraído e interesado por todo el SWE, ya que los programas suelen incluir elementos para captar la atención.

Evaluadora: Permite responder inmediatamente a las respuestas y acciones de los estudiantes. Esta puede ser:

- Implícita, cuando el estudiante detecta sus errores, se evalúa, a partir de las respuestas que le da.
- Explícita, cuando el programa presenta informes valorando la actuación del alumno.

Investigadora: Ofrece al estudiante interesantes entornos donde investigar. Puede proporcionar a los profesores y estudiantes instrumentos de gran utilidad para el desarrollo de trabajos de investigación.

Expresiva: Los programas no suelen admitir la ambigüedad en sus diálogos con los estudiantes, de manera que los alumnos se ven obligados a cuidar más la precisión de sus mensajes.

Metalingüística: Mediante el uso de los sistemas operativos (MS/DOS, WINDOWS) y los lenguajes de programación (BASIC, PASCAL, etc.) los estudiantes pueden aprender los lenguajes propios de la informática.

Lúdica: Trabajar con los programas realizando actividades educativas es una labor que a menudo tiene una connotación lúdica y festiva para los estudiantes.

Innovadora: Aunque no siempre sus planteamientos pedagógicos resulten innovadores, los programas educativos se pueden considerar materiales didácticos con esta función ya que utilizan una tecnología recientemente incorporada a los centros educativos.

Calidad del SWE

Se dice que un SWE tiene calidad cuando el producto satisface tanto las expectativas de los docentes como de los usuarios, a un menor costo, libre de defectos y cumpliendo ciertas especificaciones de instrucción y tecnológicas. (PÉREZ, MARÍA *et al.* 2003)

Según (PÉREZ, MARÍA *et al.* 2003) la calidad del SWE está determinada no sólo por los aspectos técnicos del producto sino por el diseño pedagógico y los materiales de soporte. Este último es uno de los más problemáticos ya que existen pocos programas que ofrezcan un soporte didáctico.

Las definiciones anteriores apuntan a que un SWE tiene calidad cuando logra dos aspectos esenciales:

- Satisfacer las expectativas de los clientes.
- Cumplir con los guiones técnico y pedagógico previamente especificados.

La evaluación de SWE se puede realizar en dos momentos:

- Durante su utilización real por los usuarios, para juzgar su eficiencia y los resultados que con él se obtienen.
- Durante el proceso de diseño y desarrollo, con el fin de corregir y perfeccionar el programa. (DÍAZ-ANTÓN *et al.* 2006)

El presente trabajo centra su atención en la evaluación de la calidad del SWE durante el proceso de desarrollo.

Existen modelos y estándares en el mundo que evalúan el proceso de desarrollo del software, pero ninguno de ellos se adapta a las especificidades que tiene el SWE es por ello que se hace imprescindible establecer un modelo de evaluación para el mismo.

1.5.- Calidad en la UCI

En Cuba el desarrollo de la informática crece de forma vertiginosa, pero la calidad es un tema que aún es nuevo y del cuál no se tienen muchos conocimientos, la UCI es uno de los centros más avanzado en este aspecto, en esta institución se han establecido algunas políticas que tienen como principal objetivo el logro de productos finales con calidad, a continuación se muestran las más importante:

- Se crean grupos de calidad, cada uno por facultad, que tienen la misión de evaluar la calidad de los proyectos que se lleven a cabo en éstas.
- Se establecen algunos lineamientos mínimos de calidad que deben cumplirse en todos los proyectos, éstos resumen un pequeño conjunto de prácticas básicas que orientan la producción del software, mas no garantizan con su aplicación productos de alta calidad, pues se trata de un pequeño grupo de elementos para empezar. Estos lineamientos deben ajustarse a cada caso particular, aplicables a cualquier proyecto de desarrollo de software, permitiendo la orientación y organización del trabajo dentro y fuera del proyecto. (MARTÍNEZ 2007)
- Se revisa que la documentación cumpla con lo determinado y se sigue todo un procedimiento como parte de una estrategia de Liberación de Productos de Software con el objetivo de obtener la mayor calidad posible en cada uno de éstos, como parte de este procedimiento se realizan un conjunto de pruebas dentro de las que se destacan las Pruebas Modulares, las Pruebas de Integración y Sistemas y las Pruebas aceptación del Software. (MARTÍNEZ 2007)
- Se establecen una serie de documentos y plantillas que tributan a la organización interna de cada proyecto: Lista de riesgos UCI, Cuaderno de Trabajo, Distribución del Tiempo de Máquina, Visión del proyecto UCI y otros.

Hasta el momento las políticas definidas no llegan a asegurar la calidad en el producto final debido a que en la Universidad se evalúe el producto cuando está terminado y no en su proceso de desarrollo, lo cual trae consigo que se detecten los errores al final implicando un tiempo de corrección que no asegure la entrega en tiempo, además de la posibilidad de entregas sin la calidad requerida. Es importante aclarar que esta situación no es distinta para el SWE, lo que hace que sea importante establecen un modelo de evaluación que minorice estos problemas.

1.6. – Modelos y estándares de calidad

Los Modelos de Calidad son aquellos documentos que integran la mayor parte de las mejores prácticas, proponen temas de administración en los que cada organización debe hacer énfasis, integran diferentes prácticas dirigidas a los procesos claves y permiten medir los avances en calidad. (SCALONE 2006)

Los estándares de calidad son aquellos que permiten definir un conjunto de criterios de desarrollo que guían la forma en que se aplica la Ingeniería del Software. Los estándares suministran los medios para

que todos los procesos se realicen de la misma forma y son una guía para lograr la productividad y la calidad. (SCALONE 2006)

En la actualidad existen varios modelos y estándares de calidad a nivel de proceso y a nivel de productos. Nuestro trabajo se enfoca en el proceso de desarrollo de software por lo que el producto no es de nuestro interés, dentro de éstos se destacan CMMI, SPICE y MOSCA. A continuación se exponen los elementos más importantes de cada uno de ellos.

1.6.1.- Modelo de Integración de Capacidad de Madurez para el Software (CMMI-SW)

CMMI-SW es un conjunto de modelos elaborados por el SEI que permiten obtener un diagnóstico preciso de la madurez de los procesos relacionados con las tecnologías de la información de una organización, y describen las tareas que se tienen que llevar a cabo para mejorar esos procesos. (PÉREZ, CARMELO LÓPEZ 2005)

1.6.1.1. - Enfoques de CMMI

Existen dos enfoques o “representaciones” del modelo: (ESCOBAR 2006)

Escalonado: Establece un conjunto predefinido de áreas de proceso para establecer la ruta para la mejora en la organización descrita como niveles de madurez.

Continuo: Permite a la organización seleccionar un conjunto de áreas de proceso específicas y hacer mejoras en relación con los niveles de capacidad.

Enfoque Continuo

Este Enfoque utiliza 6 niveles numerados del 0 al 5, para medir el mejoramiento del proceso dentro de cada área de proceso (AP). Al mismo tiempo permite que exista flexibilidad en el orden de las AP. (SCALONE 2006)

Niveles de capacidad: (WIKIPEDIA 2007)

0.- Incompleto: El proceso no se realiza, o no se consiguen sus objetivos.

1.- Ejecutado: El proceso se ejecuta y se logra su objetivo.

2.- Gestionado: Además de ejecutarse, el proceso se planifica, se revisa y se evalúa para comprobar que cumple los requisitos.

3.- Definido: Además de ser un proceso "gestionado" se ajusta a la política de procesos que existe en la organización, alineada con las directivas de la empresa.

4.- Cuantitativamente gestionado: Además de ser un proceso definido se controla utilizando técnicas cuantitativas.

5.- Optimizado: Además de ser un proceso cuantitativamente gestionado, de forma sistemática se revisa y modifica o cambia para adaptarlo a los objetivos del negocio.

Las 4 Categorías de las áreas de procesos (AP) de CMMI-SW continuo son: (SCALONE 2006)

Categoría 1. Gestión de Procesos: Esta categoría abarca las actividades relacionadas con la definición, planificación, asignación de recursos, implementación, monitoreo, medición y mejora de procesos. Las AP de "Gestión de Procesos" son:

- Enfoques de Procesos Organizacionales
- Definición de Procesos Organizacionales
- Capacitación Organizacional
- Desempeños de Procesos Organizacionales
- Innovación Organizacional y Aplicación

Categoría 2. Gestión de Proyectos: Esta categoría abarca las actividades relacionadas con planificación, monitoreo y control del proyecto. Las AP de "Gestión de Proyectos" son:

- Planeación del Proyecto
- Monitoreo y Control del Proyecto
- Administración de Acuerdo de Proveedores
- Administración de Proyecto Integrado
- Administración de Riesgos
- Administración Cuantitativa del Proyecto

Categoría 3. Ingeniería: Esta categoría abarca las actividades de desarrollo y mantenimiento de Ingeniería de Sistemas y Ingeniería de Software. Las AP de 'Ingeniería' son:

- Administración de Requisitos
- Desarrollo de Requisitos
- Soluciones Técnicas
- Integración del Producto
- Verificación
- Validación

Categoría 4. Apoyo: Esta categoría abarca las actividades de soporte en el desarrollo y mantenimiento del producto. Las AP de ‘Apoyo’ son:

- Configuración Administrativa
- Análisis de Decisión y Resolución
- Medición y Análisis
- Análisis Causal y Resolución
- Garantía de Calidad del Producto y Proceso

Enfoque Escalonado

Este Enfoque utiliza niveles de madurez, los cuales se aplican a la madurez de la organización en su conjunto. Hay 5 niveles de madurez numerados de 1 a 5 (Ver Figura 2). Cada nivel de madurez abarca un conjunto de AP predefinidas. (HERNANE 2002)

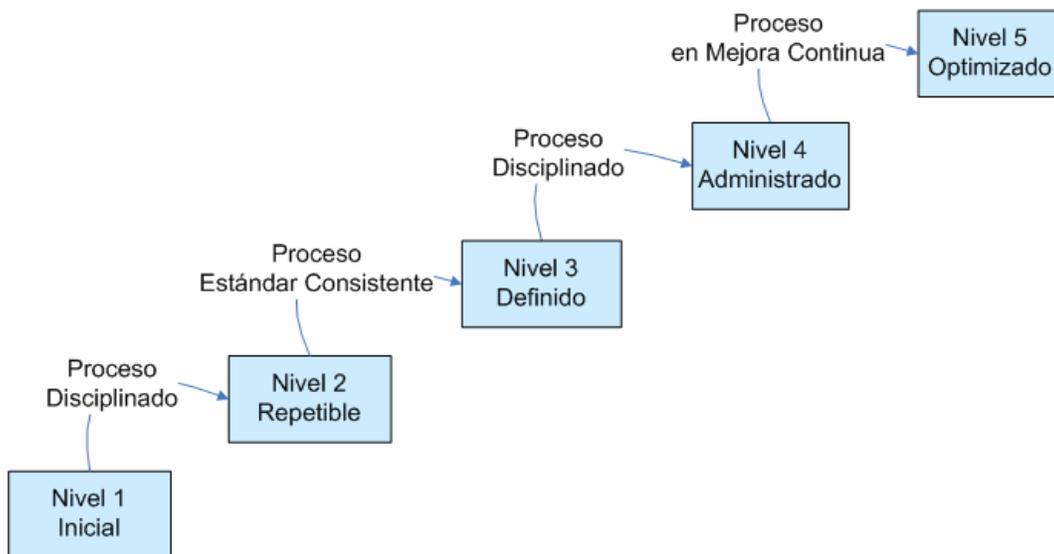


Figura 2. Representación de los Niveles de madurez del enfoque escalonado de CMMI. (HERNANE 2002)

A continuación se describen las categorías de las AP y los niveles de madurez, especificando en éstos los procesos que se implementan para alcanzarlos.

Las 4 Categorías de las AP de CMMI-SW escalonado son: (GRACIA 2005)

Categoría 1. Gestión de Procesos (GP): Esta categoría abarca las actividades relacionadas con la definición, planificación, asignación de recursos, implementación, monitoreo, medición y mejora de procesos.

Categoría 2. Gestión de Proyectos (PRO): Esta categoría abarca las actividades relacionadas con planificación, monitoreo y control del proyecto.

Categoría 3. Ingeniería (ING): Esta categoría abarca las actividades de desarrollo y mantenimiento de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería de Software.

Categoría 4. Soporte (SUP): Esta categoría abarca las actividades de soporte en el desarrollo y mantenimiento del producto.

Las 5 niveles que propone CMMI-SW escalonado son: (GRACIA 2005)

Inicial o Nivel 1 de CMMI: Este es el nivel donde están todas las empresas que no tienen definidos los procesos. En este nivel existen problemas como los que se mencionan a continuación: los presupuestos están disparados, no es posible entregar el proyecto en fechas, no hay control sobre el estado del proyecto.

Repetible o Nivel 2 de CMMI: Quiere decir que el éxito de los resultados obtenidos se puede repetir. La principal diferencia entre este nivel y el anterior es que el proyecto es gestionado y controlado durante el desarrollo del mismo. El desarrollo no es opaco y se puede saber el estado del proyecto en todo momento.

Los procesos que se implantan para alcanzar este nivel son:

<u>Área de proceso</u>	<u>Categoría</u>	<u>Área de proceso</u>	<u>Categoría</u>
Gestión de la configuración	SUP	Gestión calidad procesos y productos	SUP
Medición y análisis	SUP	Gestión de requisitos	ING
Planificación de proyecto	PRO	Gestión y acuerdo con proveedores	PRO

Definido o Nivel 3 de CMMI: Alcanzar este nivel significa que la forma de desarrollar proyectos (gestión e ingeniería) está definida, pero definida quiere decir que esta establecida, documentada y que existen métricas (obtención de datos objetivos) para la consecución de objetivos concretos. La mayoría de las

empresas que llegan al nivel 3 paran aquí, ya que es un nivel que proporciona muchos beneficios y no ven la necesidad de ir más allá porque tienen cubiertas la mayoría de sus necesidades.

Los procesos se implantan para alcanzar este nivel son:

<u>Área de proceso</u>	<u>Categoría</u>	<u>Área de proceso</u>	<u>Categoría</u>
Análisis y resolución de decisiones	SUP	Formación	GP
Gestión integral de proyecto	PRO	Integración de producto	ING
Gestión integral de proveedores	PRO	Desarrollo de requisitos	ING
Gestión de equipo	PRO	Gestión de riesgo	PRO
Entorno organizativo para integración	SUP	Solución técnica	ING
Definición de procesos	GP	Validación	ING
Procesos orientados a la organización	GP	Verificación	ING

Quantitativamente Gestionado o Nivel 4 de CMMI: Alcanzar este nivel significa que los proyectos usan objetivos medibles para alcanzar las necesidades de los clientes y la organización. Se usan métricas para gestionar la organización.

Los procesos que se implantan para alcanzar este nivel son:

<u>Área de proceso</u>	<u>Categoría</u>
Rendimiento de los procesos de la Organización	GP
Gestión cuantitativa de proyectos	PRO

Optimizado o Nivel 5 de CMMI: Alcanzar este nivel significa que los procesos de los proyectos y de la organización están orientados a la mejora de las actividades. Mejoras incrementales e innovadoras de los procesos que mediante métricas son identificadas, evaluadas y puestas en práctica.

Los procesos que se implantan para alcanzar este nivel son:

<u>Área de proceso</u>	<u>Categoría</u>
Análisis y resolución de problemas	SUP

Innovación y desarrollo

GP

Normalmente las empresas que intentan alcanzar los niveles 4 y 5 lo realizan simultáneamente ya que están muy relacionados.

CMMI-SW se aplica desde dos puntos de vista diferentes:

- Vista de evaluación: Búsqueda de lo mínimo exigido para satisfacer el modelo.
- Vista de la mejora de proceso: Búsqueda de lo mejor para la organización y la mejor manera de mejorarla.

El objetivo del presente trabajo es el análisis de la vista de evaluación, por lo que a continuación se abordan las principales características del método actual de evaluación que propone CMMI-SW que se denomina SCAMPI (*Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement*).

1.6.1.2. – Proceso de Evaluación de CMMI-SW (SCAMPI)

El *Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement* está diseñado para proporcionar medidas de evaluación de la calidad. Dicho de otro modo, SCAMPI permite determinar el nivel de madurez de una organización en relación al modelo CMMI-SW. Es aplicable a un rango amplio de modos de uso de la evaluación, incluyendo la mejora del proceso interno y la determinación de la capacidad externa. Generalmente el grupo evaluador se conforman por integrantes de la misma empresa que es evaluada. (SEI 2001)

Según (GONZÁLEZ *et al.* 2005) los objetivos de SCAMPI son:

- Identificar los puntos fuertes y las debilidades de los procesos.
- Relacionar estos puntos fuertes y debilidades con el modelo CMMI-SW.
- Centrarse en las mejoras (corregir las debilidades que generan riesgos) que son mas beneficiosas a la organización dado su nivel general de madurez organizativa o capacidades de proceso.
- Obtener una valoración del nivel de madurez.
- Identificar los riesgos de desarrollo/adquisición relativos a las determinaciones de capacidad/madurez.

- Proporcionar un método de evaluación común e integrado, capaz de soportar evaluaciones en el contexto de la mejora de los procesos internos, selección de proveedores y supervisión de procesos.
- Proporcionar un método de evaluación eficiente, capaz de ser implementado con restricciones de ejecución razonables.

1.6.1.2.1.- Roles y responsabilidades de los participantes en el proceso de evaluación

Los roles que se definen en este modelo son:

Evaluados: (GONZÁLEZ *et al.* 2005)

- Patrocinador: directivo que solicita la evaluación, respalda el proceso, define el alcance y recibe los resultados de la misma.
- Gerentes: responsables de áreas de la organización que revisan los resultados preliminares y participan en discusiones grupales.
- Líderes de Proyectos, Analistas, Programadores y Técnicos: participan en entrevistas personales y revisan los resultados preliminares.

Evaluadores: (GONZÁLEZ *et al.* 2005)

- Líder (Lead Appraisal o Team Leader): responsable de la evaluación, capacitado y autorizado por el SEI.
- Integrante del Equipo (Team Member): persona con experiencia en ingeniería de software y sólidos conocimientos del Modelo CMMI-SW.
- Equipo Evaluador (Team): entre 4 y 8 personas recolectan evidencia, realizan las entrevistas, evalúan el cumplimiento de las prácticas, etc
- Mini equipo (Mini Team): dos o más integrantes responsables evaluar Áreas de Procesos Particulares.

1.6.1.2.2.- Indicadores de Implementación de Proceso (PIIs)

En SCAMPI, los PIIs son la consecuencia necesaria de realizar las prácticas del modelo CMMI-SW. SCAMPI caracteriza los PIIs de acuerdo con los tipos de indicadores descritos a continuación: (CUKIER 2006)

Artefactos Directos: Las salidas tangibles resultan directamente de la realización de prácticas específicas o genéricas. Puede ser indicado o implicado explícitamente por la declaración de la práctica o el material informativo asociado.

Por ejemplo:

- Documentos.
- Productos entregables.
- Materiales de entrenamiento.

Artefactos Indirectos: Son elementos que surgen como consecuencia de la implementación de una práctica del modelo CMMI-SW, pero que no constituyen en sí el propósito de la práctica. Este tipo de indicador es especialmente útil cuando puede haber dudas sobre si el propósito de la práctica ha sido alcanzado.

Por ejemplo:

- Minutos de reunión.
- Resultados de revisiones.
- Informes de estado.
- Realización de medidas

Observaciones: Declaraciones orales o escritas confirmando o dando soporte a la realización de una práctica genérica o específica. Estas son proporcionadas normalmente por los que realizan la práctica y/o clientes internos o externos, pero puede también incluir a cualquier persona interesada (directores, proveedores, etc).

Por ejemplo:

- Respuestas a cuestionarios.
- Entrevistas.
- Presentaciones.

1.6.1.2.3.- Método de evaluación

SCAMPI consiste en tres fases fundamentales (QUALITATIS 2006) . Cada fase se describe en detalle a continuación (ver Figura 3).

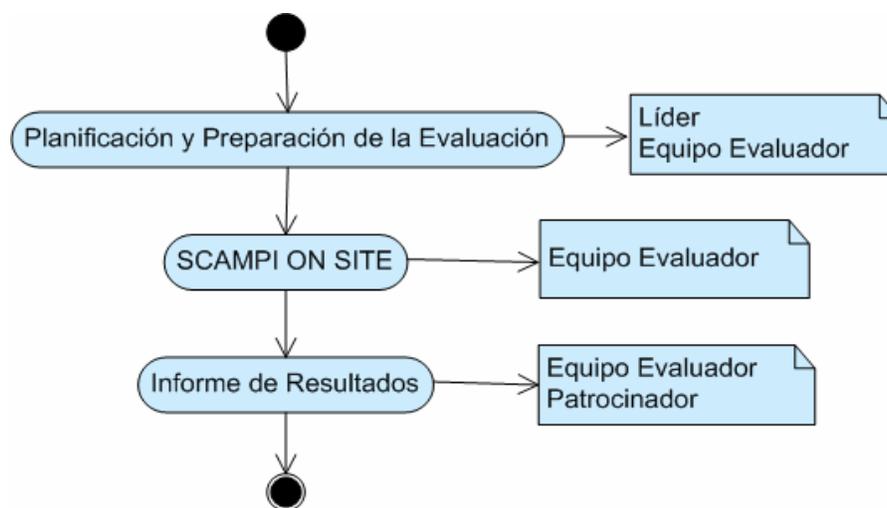


Figura 3. Representación de las fases del método de evaluación SCAMPI y los principales responsables en cada una de ellas. (QUALITATIS 2006)

Fase 1: Planificación y preparación de la evaluación

Esta fase permite al líder y al equipo evaluador: (SEI 2002)

- Determinar los objetivos que el patrocinador pretende conseguir al llevar a cabo este método.
- Definir y acordar el alcance de la organización a evaluar (proyectos actuales o programas que participarán) así como el alcance para el modelo CMMI-SW (áreas de proceso). Éstos proporcionan las bases para estimar los compromisos de tiempo de entrega, los costes logísticos (por ejemplo en viajes), y en general los costes de la organización que se evalúan.

- Negociar el período de tiempo que necesitará el equipo de evaluación para llevar a cabo este método.
- Desarrollar un plan de evaluación.
- Determinar las estrategias de recogidas de datos que se utilizarán.
- Seleccionar y preparar al equipo que llevará a cabo la evaluación.
- Conocer las actividades y los procesos de la organización que se evaluará. (VELTHUIS 2006)
- Preparar a los miembros de la organización y analizar evidencias objetivas preliminares para la evaluación. Estas evidencias consisten en información cualitativa o cuantitativa, documentos, historiales o hechos que pertenecen a las características de un elemento o servicio o a la existencia e implementación de un elemento de proceso. Todo esto se basa en la observación, en la medición o en los test y por tanto puede ser verificado.

Fase 2: SCAMPI On Site

Esta fase permite: (SEI 2002)

Al equipo evaluador centrarse en recoger todos los datos necesarios para realizar la evaluación. Para ello se necesita:

- La recolección de información suficiente para cada componente del modelo con el alcance elegido del modelo de referencia CMMI-SW
- Obtener un ejemplo representativo de los procesos en curso (atravesando las fases del ciclo vital que la organización valorada está utilizando en el desarrollo y la entrega de sus productos y servicios).

Permitiendo así realizar varias iteraciones continuas y refinamientos al plan de recogida de datos desarrollado en la fase 1 hasta conseguir la suficiente cobertura.

Fase 3: Informe de Resultados

Esta fase permite: (SEI 2002)

- Obtener fortalezas, oportunidades de mejora (sugerencias), debilidades, nivel de madurez alcanzado.

- Proporcionar una copia del informe de resultados en el que se refleje el estado actual de la empresa.
- Al Patrocinador decidir que hacer con los resultados obtenidos, este puede optar por mantenerlos en secreto, o por el contrario darlos a conocer mediante una presentación.
- Registrar los resultados en el SEI.
- Al equipo evaluador cerrar el proceso completando los formularios electrónicos necesarios.

1.6.1.3.- Ventajas y Desventajas del Modelo de Evaluación que propone CMMI-SW

Las ventajas y desventajas que proporciona el método de evaluación SCAMPI se exponen a continuación:

Ventajas

- Guía paso a paso la mejora, a través de niveles de madurez y capacidad. (VILLA *et al.* 2004)
- La organización sabe el estado actual en que se encuentra la empresa.
- Reducción consistente de errores (reduciendo el número de defectos y detección en las fases más tempranas del ciclo de vida). (SAGRARIO 2002)
- Reduce costes de desarrollo y mantenimiento. (CALVO-MANZANO *et al.* 2006)

Desventajas

- Indican a las organizaciones qué actividades han de realizar, pero nada sobre cómo hacerlo. (TABOADA 2007)
- La carga de papeleo que impone el modelo, viéndose más como un mecanismo de control por la dirección que como una herramienta que ayude en el trabajo. (VILLENNA *et al.* 2005)
- La aplicación del modelo requiere una inversión importante y a largo plazo, lo cual supone un obstáculo importante para la pequeña empresa. (VILLA *et al.* 2004)

1.6.2.- SPICE

SPICE (*Software Process Improvement and Capability Determination*) es un modelo de madurez de procesos internacional. El objetivo del modelo SPICE es proporcionar un marco de referencia para la valoración de los procesos de software. Fomentar la calidad de los productos de software y generar un proceso de valoración repetible, comparable y verificable. SPICE fomenta productos de calidad, promueve la optimización de procesos y facilita la evaluación del producto a través de los procesos de desarrollo.(SCALONE 2006)

1.6.2.1.- Visión General

El marco para la evaluación de procesos de software se utiliza por organizaciones implicadas en la planificación, gestión, monitorización, control y mejora de la adquisición, suministro, desarrollo, operación, evolución y soporte del software. (AMESCUA *et al.* 2000)

La evaluación del proceso examina los procesos utilizados por una organización, con el objetivo de determinar si éstos son efectivos consiguiendo sus objetivos. Los resultados se utilizan para conducir las actividades de mejora o para la determinación de la capacidad del proceso (ver Figura 4).

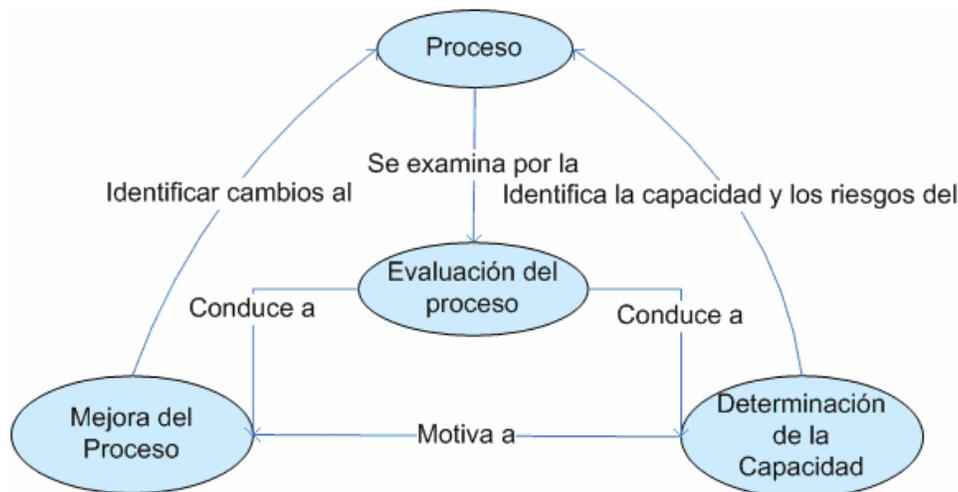


Figura 4. Contexto para la utilización de la evaluación del proceso software que propone SPICE.

La Figura 4 muestra la relación entre evaluación del proceso y sus dos principales contextos: la mejora del proceso y la determinación de la capacidad del proceso. (AMESCUA *et al.* 2000)

1.6.2.2.- Arquitectura

SPICE tiene una arquitectura en dos dimensiones, en lugar de la arquitectura por niveles del CMMI-SW.

Dimensión del proceso: esta dimensión contiene los procesos a los que se le realiza la mejora, éstos se dividen en cinco categorías (muy similar al ISO 12207)

Dimensión de la capacidad: esta dimensión nos proporciona la escala que se utiliza para realizar la evaluación del proceso. (DAPENA *et al.* 2005)

Dimensión del Proceso

Esta dimensión contiene los procesos que se evalúan. Se agrupan en categorías, en función del tipo de actividad que realizan: (VILLENNA *et al.* 2005)

Procesos Primarios: (AMESCUA *et al.* 2000; PALACIO 2006)

CUS Categoría de proceso cliente-suministrador: La categoría CUS se conforma por procesos que afectan directamente al cliente, soportan el desarrollo y la transición del software al cliente y permiten la correcta operación y uso del producto y/o servicio de software.

CUS.1 Adquirir el software

CUS.3 Suministrar software

CUS.2 Gestionar las necesidades del cliente

CUS.4 Operar software

CUS.5 Proporcionar servicio al cliente

ENG Categoría de proceso de ingeniería: La categoría ENG se conforma por procesos que directamente especifican, implementan o mantienen el producto de software, su relación con el sistema y documentación.

ENG.1 Desarrollar los requisitos y el diseño del sistema

ENG.4 Implementar el diseño software

ENG.5 Integrar y probar el software

ENG.2 Desarrollar los requisitos software

ENG.6 Integrar y probar el sistema

ENG.3 Desarrollar el diseño software

ENG.7 Mantener el sistema y el software

Procesos Organizativos: (AMESCUA *et al.* 2000; PALACIO 2006)

MAN Categoría de proceso de Gestión: La categoría MAN se conforma por procesos utilizados en la gestión de cualquier tipo de proyecto o proceso en el ciclo de vida del software.

MAN.1 Gestionar el proyecto

MAN.3 Gestionar los riesgos

MAN.2 Gestionar la calidad

MAN.4 Gestionar los subcontratistas

SUP Categoría de proceso de soporte: La categoría SUP se conforma por procesos que dan soporte al resto de procesos (incluidos los SUP), en distintos puntos del ciclo de vida del software.

SUP.1 Desarrollar la documentación

SUP.5 Realizar la validación del producto

SUP.2 Realizar la gestión de configuración

SUP.6 Realizar las revisiones conjuntas

SUP.3 Realizar el aseguramiento de la calidad

SUP.7 Realizar auditorias

SUP.4 Realizar la verificación del producto

SUP.8 Realizar resolución de problemas

ORG Categoría de proceso de organización: La categoría ORG se conforma por procesos que establecen los objetivos de negocio de la organización.

ORG.1 Ingeniería del negocio

ORG 4. Proporcionar recursos humanos con habilidades

ORG.2 Definir el proceso

ORG.3 Mejorar el proceso

ORG.5 Proporcionar la infraestructura de ingeniería del software

Dimensión de la capacidad

Esta dimensión proporciona una base para medir la capacidad de los procesos en función del grado de consecución de sus atributos (Ver Figura 5).



Figura 5. Niveles de Capacidad y atributos del proceso en cada uno de estos niveles que propone SPICE. (VILLENA *et al.* 2005)

A continuación se describen los niveles de capacidad y los atributos del proceso en cada uno de estos niveles que propone SPICE en la siguiente bibliografía (AMESCUA *et al.* 2000).

Nivel 0: Proceso Incompleto: El proceso no está implementado o no logra conseguir su objetivo. No hay atributos en este nivel.

Nivel 1: Proceso Realizado: El propósito implementado logra su objetivo definido.

AP 1.1: Rendimiento del Proceso: El proceso emplea un conjunto de prácticas, que son iniciadas por unos productos identificables y produce unos productos identificables, que satisfacen el propósito del proceso.

Nivel 2: Proceso Gestionado: El proceso Realizado entrega productos con una calidad aceptable en un margen de tiempo y necesidades de recursos definidos.

AP 2.1: Gestión del Rendimiento: La ejecución del proceso se gestiona para producir productos en un plazo de tiempo y con unos requisitos preestablecidos.

AP 2.2: Gestión del Producto: La ejecución del proceso se gestiona para producir productos que se documentan y se controlan satisfaciendo sus requisitos funcionales y no funcionales, de acuerdo con los objetivos de calidad del producto del proceso.

Nivel 3: Proceso Establecido: El proceso Gestionado se realiza utilizando un proceso definido basado en los principios de la ingeniería del software.

AP 3.1: Definición del Proceso: La ejecución del proceso utiliza una definición de proceso basada en un proceso estándar, que permite contribuir a los objetivos de negocio definidos en la organización.

AP 3.2: Recursos del Proceso: La ejecución del proceso utiliza eficazmente recursos humanos con las habilidades adecuadas y una infraestructura de proceso que contribuyen a los objetivos de negocio definidos de la organización.

Nivel 4: Proceso Previsible: El proceso Establecido se realiza constantemente dentro de los límites de control definidos para lograr sus objetivos.

AP 4.1: Medición del Proceso: La ejecución del proceso se soporta por los objetivos y mediciones que son utilizadas para asegurar que la implementación del proceso contribuye a la consecución de los objetivos.

AP 4.2: Control del Proceso: La ejecución del proceso se controla a través de la recopilación y análisis de mediciones para controlar y corregir, donde sea necesario, el rendimiento del proceso para lograr fielmente los objetivos del proceso definidos.

Nivel 5: Proceso Optimizando: El proceso Previsible optimiza su rendimiento para satisfacer las necesidades de negocio actuales y futuras y logra repetidamente satisfacer sus objetivos de negocio definidos.

AP 5.1: Cambio de Proceso: Los cambios a la definición, gestión y rendimiento del proceso son controlados mejor para conseguir los objetivos de negocio de la organización.

AP 5.2: Mejora Continua: Los cambios a los procesos se identifican y se implementan para asegurar la mejora continua en el cumplimiento de los objetivos del negocio definidos de la organización.

1.6.2.3.- Factores de éxito para la evaluación del proceso

Estos elementos son de vital importancia para lograr que la evaluación se realice con calidad, a continuación se brinda la descripción que plantea (SPICE-PROJECT-ORGANIZATION 1998) de cada uno de ellos.

Compromiso: El compromiso requiere que los recursos necesarios, tiempo y personal estén disponibles para emprender la evaluación. El compromiso del equipo de evaluación es fundamentalmente importante para asegurar que los objetivos sean satisfechos.

Motivación: La actitud de la dirección de la organización, y el método por el cual la información se recoge, tiene influencia significativa sobre el resultado de la evaluación. La dirección de la organización, por tanto, necesita motivar a los participantes para que estén abiertos y constructivos. Una evaluación debe enfocarse hacia el proceso, no sobre los miembros de la unidad organizativa que implementan el proceso. El intento es hacer el resultado más efectivo para soportar los objetivos definidos del negocio, no para asignar culpas a los individuos.

Confidencialidad: Es importante que las fuentes de información e información recogida durante la evaluación se conozca solo por los individuos autorizados.

Relevancia: Se debe lograr que los miembros de la unidad organizativa creen que la evaluación dará como resultados algunos beneficios que serán relevantes para sus necesidades.

Credibilidad: Es importante que todas las partes puedan estar seguras que el equipo seleccionado para conducir la evaluación tiene:

- Experiencia adecuada en la evaluación.
- Comprensión adecuada de la unidad organizativa y su negocio.
- Suficiente imparcialidad.

1.6.2.4. Guía durante la realización de evaluaciones

La evaluación del proceso consta de ocho pasos (ver Figura 6), estos pasos son los mismos a seguir en cualquier tipo de evaluación:(SPICE-PROJECT-ORGANIZATION 1998)

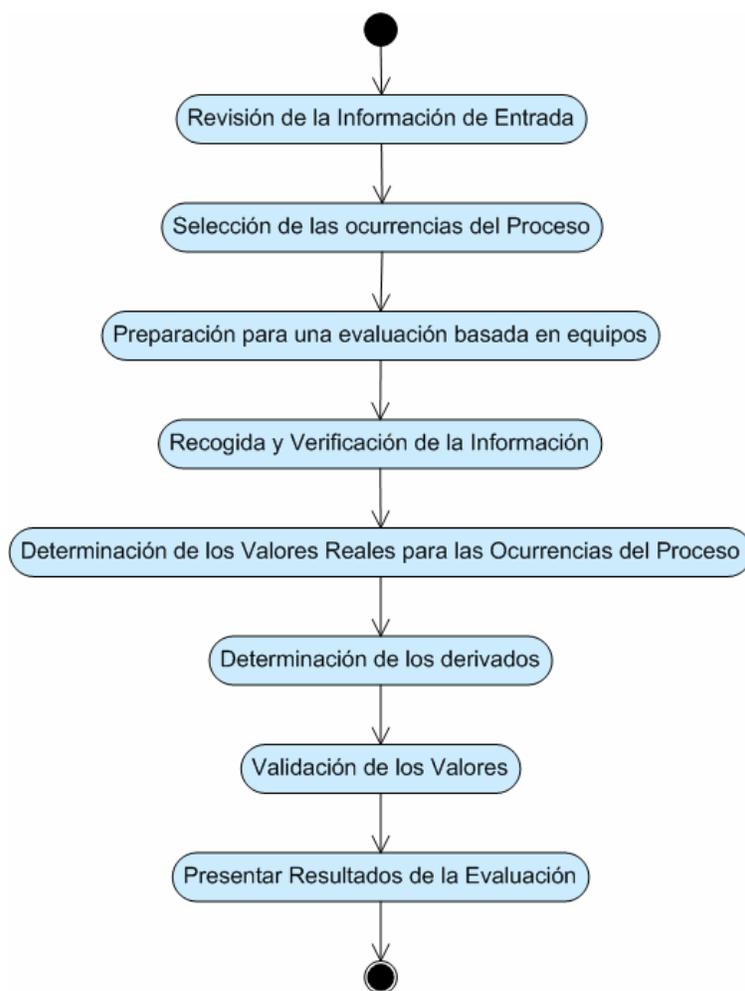


Figura 6. Representación de los pasos que se deben seguir para realizar la evaluación que propone SPICE.

A continuación se realiza un breve resumen de cada uno de estos pasos.

Revisión de la información de entrada

La información de entrada se debe definir antes de la evaluación. Como mínimo las entradas de la evaluación que se definirán son: (SPICE-PROJECT-ORGANIZATION 1998)

- El propósito de la evaluación.
- El alcance de la evaluación.
- Limitaciones de la evaluación.

- La identidad del asesor cualificado y de cualesquiera otras responsabilidades específicas para la evaluación.
- La definición de cualquier proceso extendido identificado en el alcance de la evaluación.
- La identificación de cualquier información adicional a ser recogida para soportar la mejora del proceso o la determinación de capacidad de proceso.

Selección de las ocurrencias del proceso

Para realizar la selección de las ocurrencias del proceso se realizan los siguientes pasos: (SPICE-PROJECT-ORGANIZATION 1998)

- Emparejar los procesos de la unidad organizativa con los modelos de procesos: El asesor se asegura que los procesos de la unidad organizativa que van a ser evaluados tienen correspondencia con los procesos del estándar o bien son procesos extendidos.
- Selección de las ocurrencias de los procesos: El asesor se asegura que el conjunto de ocurrencias del proceso seleccionado para la evaluación es el adecuado para satisfacer el propósito de la evaluación y que proporciona resultados que son representativos. La evaluación tiene que incluir al menos una ocurrencia de cada proceso identificado el alcance de la evaluación.

Preparación para una evaluación basada en equipos

Para que una organización se prepare para la evaluación debe realizar los siguientes pasos: (SPICE-PROJECT-ORGANIZATION 1998)

- Selección y preparación del equipo de evaluación:
 - Elegir el tamaño del equipo de evaluación
 - Definir los roles del equipo de evaluación
 - Preparar el equipo de evaluación
- Planificación de la evaluación
 - Identificar los factores de riesgo

- Seleccionar las técnicas de evaluación
- Seleccionar el instrumento de evaluación
- Desarrollar el plan de evaluación
- Preparación de la unidad organizativa
 - Seleccionar el coordinador de la unidad organizativa
 - Información de la Unidad organizativa
 - Selección de los participantes
- Reunión de acuerdos de confidencialidad
- Recolección de la documentación y equipos de soporte

Recogida y verificación de la información

Durante una evaluación es típico ejecutar una serie de recogida y análisis de la información, donde el alcance de la información es refinado y se recoge información cada vez más detallada a lo largo de sucesivos pasos. (SPICE-PROJECT-ORGANIZATION 1998)

- Recogida de la información: para realizar este paso se confiará en los mecanismos de evaluación como son el cuestionario y las escalas de medición de las respuestas. (SPICE-PROJECT-ORGANIZATION 1998)
- Verificación de la información: para realizar este paso la documentación de soporte y los registros disponibles serán utilizados para verificar la información recogida durante la evaluación. La cantidad de documentación de soporte y registros examinados depende de muchos factores como son: el conocimiento del equipo evaluador y de la unidad organizativa, el propósito de la evaluación y los niveles de confianza y confidencialidad establecidos para la evaluación. (SPICE-PROJECT-ORGANIZATION 1998)

Determinación de los valores reales para las ocurrencias del proceso

Para cada una de las ocurrencias del proceso seleccionado, de cada uno de los procesos extendidos que hayan sido identificados dentro del alcance de la evaluación se determinan y se validan: (SPICE-PROJECT-ORGANIZATION 1998)

- Los valores de adecuación o existencia de las prácticas base.
- Los valores de adecuación de las prácticas genéricas.
- El nivel de capacidad real.

Determinación de valores derivados

A partir de los valores reales se determinan los valores derivados, los cuales pueden ayudar a conocer como un todo, los procesos dentro de la unidad organizativa. Los valores derivados se basan en muestras y están por tanto sujetos a las restricciones que se aplican a todo valor muestreado. (SPICE-PROJECT-ORGANIZATION 1998)

El equipo de evaluación debe decidir cuál de los siguientes valores derivados son útiles para ayudar a asegurar que el propósito de la evaluación pueda ser mejor cumplido, además tiene que asegurar que exista una correspondencia de los valores derivados y los valores reales. (SPICE-PROJECT-ORGANIZATION 1998)

Para determinar los valores derivados se realizan los siguientes pasos: (SPICE-PROJECT-ORGANIZATION 1998)

- Agregación entre ocurrencias de procesos: Los valores para prácticas genéricas y niveles de capacidad para dos o más ocurrencias de un proceso se agregan para determinar un valor derivado de ese proceso.
- Determinar el valor del nivel de capacidad de proceso: Para cada proceso identificado en el alcance de la evaluación se determina el conjunto de valores del nivel de capacidad de ese proceso y se realiza por medio de la agregación de los valores de capacidad de las ocurrencias de ese proceso. Estos valores derivados deben ser suficientemente representativos de los niveles de capacidad de cada proceso evaluado para satisfacer el propósito de la evaluación.
- Agregación a través de los procesos: Podemos agregar cualquier valor de práctica genérica entre ocurrencias de procesos a través de diferentes procesos. Este mecanismo se utiliza para inferir valores de las prácticas genéricas dentro de un nivel de capacidad específico de un grupo de procesos.

Validación de los valores

Los valores se validan para asegurarnos que son una representación precisa de los procesos evaluados. La validación debe asegurar que el tamaño de la muestra de evaluación elegido es representativo y que es capaz de cumplir el propósito de la evaluación. (SPICE-PROJECT-ORGANIZATION 1998)

Los siguientes mecanismos son útiles para soportar la validación: (SPICE-PROJECT-ORGANIZATION 1998)

- Comparar los resultados con algunos de evaluaciones previas para la misma unidad organizativa.
- Buscar las consistencias entre procesos conectados o relacionados.
- Buscar valores proporcionales a través de los niveles de capacidad. Por ejemplo valores mayores para niveles mayores que para los inferiores.
- Tomar una muestra independiente de valores y compararlos con los valores del equipo de evaluación.
- Sesiones de realimentación de los hallazgos preliminares de la unidad organizativa.

Presentar el resultado de la evaluación

Para presentar el resultado de la evaluación se realizan dos pasos fundamentales: (SPICE-PROJECT-ORGANIZATION 1998)

- Preparar la salida de la evaluación: Una vez determinados los valores de las prácticas base, prácticas genéricas y nivel de capacidad es necesario preparar los resultados de la evaluación. El asesor cualificado debe asegurarse que todas las informaciones necesarias y presentes en los resultados de la evaluación estén registradas en el formato adecuado.
- Informar de la salida de evaluación: En algunos casos puede resultar deseable comparar los resultados de la evaluación de dos o más unidades organizativas o de la misma unidad en diferentes momentos. Las comparaciones de resultados de la evaluación serán válidas sólo si cumplen que sus contextos de proceso son similares. La presentación de la salida de la evaluación pueden ser simplemente en forma de una simple representación para una

evaluación interna o un informe detallado para una evaluación independiente. Adicionalmente, otros hallazgos y planes de acción pueden ser preparados para presentación, dependiendo del propósito de la evaluación y de si este análisis adicional es ejecutado al mismo tiempo que la evaluación. (SPICE-PROJECT-ORGANIZATION 1998)

1.6.2.5.- Ventajas y Desventajas del Modelo de Evaluación SPICE

A continuación se exponen las diferentes ventajas y desventajas que tiene el modelo de evaluación SPICE.

Ventajas

- Ofrece una base para la evaluación muy detallada del estado actual del proceso de una organización.
- Por su gran nivel de descomposición de los procesos e indicadores, proporciona evaluaciones objetivas y con resultados repetibles, especialmente cuando es realizada por evaluadores entrenados y capacitados. (AMESCUA *et al.* 2000)
- Las evaluaciones no necesitan abordarse a toda la organización, éstas pueden realizarse únicamente en aquellos procesos que sean áreas de problemas.
- Dispone de un estándar internacional por lo que se puede realizar comparaciones a nivel mundial entre evaluaciones en contextos similares. (AMESCUA *et al.* 2000)

Desventajas

- Se requiere un gran esfuerzo para realizar las evaluaciones y un alto coste, ya que estas son muy difícil de entender. (VILLA *et al.* 2004)
- El estándar no define una metodología para la realización de una evaluación sino más bien un marco de trabajo y los elementos claves que una metodología de evaluación debería incorporar. (VILLENNA *et al.* 2005)

1.6.3. – MOSCA

El Modelo Sistémico de Calidad de software (MOSCA), integra el sub-modelo de calidad del producto y el sub-modelo de calidad del proceso de desarrollo y está soportado por los conceptos de calidad total sistémica. (PÉREZ, MARÍA *et al.* 2003)

En cuanto al producto, este modelo plantea, sobre la base de las 6 características de calidad del estándar internacional ISO/IEC 9126, un conjunto de categorías, características y métricas asociadas que miden la calidad de un producto de software con un enfoque sistémico y hacen del modelo un instrumento de medición de gran valor ya que cubre todos los aspectos imprescindibles para medir directamente la calidad del producto de software. En cuanto al proceso, este modelo plantea sobre la base de las 5 características de calidad del estándar internacional ISO/IEC 15504, un conjunto de categorías, características y métricas asociadas que miden la calidad de un proceso de software con un enfoque sistémico. (FEIJOO 2002)

MOSCA consta de cuatro niveles: dimensiones, categorías, características y métricas; con un total de 587 métricas. Además proporciona el algoritmo para evaluar la calidad sistémica. El algoritmo es un conjunto de pasos que se realizan para ejecutar el modelo y estimar la calidad de software. (FEIJOO 2002)

1.6.3.1.- Niveles que presenta el modelo de calidad sistémica MOSCA

El modelo consta de 4 niveles (ver Figura 7); estos son:

Nivel 0: Dimensiones. Aspectos Internos del proceso (eficiencia), Aspectos Contextuales (efectividad) del proceso, Aspectos Internos (eficiencia) del producto y Aspectos Contextuales (efectividad) del producto son las cuatro dimensiones propuestas en el prototipo de modelo. Sólo un balance y una buena interrelación entre ellas garantizan la calidad Sistémica global de una organización. (RINCÓN *et al.* 2003)

Nivel 1: Categorías. Se contemplan 11 categorías: 6 pertenecientes al producto y las otras 5 al proceso de desarrollo. (RINCÓN *et al.* 2003)

Nivel 2: Características. Cada categoría tiene asociado un conjunto de características (56 asociadas al producto y 27 al proceso de desarrollo), las cuales definen las áreas claves a satisfacer para lograr, asegurar y controlar la calidad tanto en el producto como en el proceso. (RINCÓN *et al.* 2003)

Nivel 3: Métricas. La cantidad de métricas asociadas a cada una de las características que conforman MOSCA es de 587 en total. (RINCÓN *et al.* 2003)

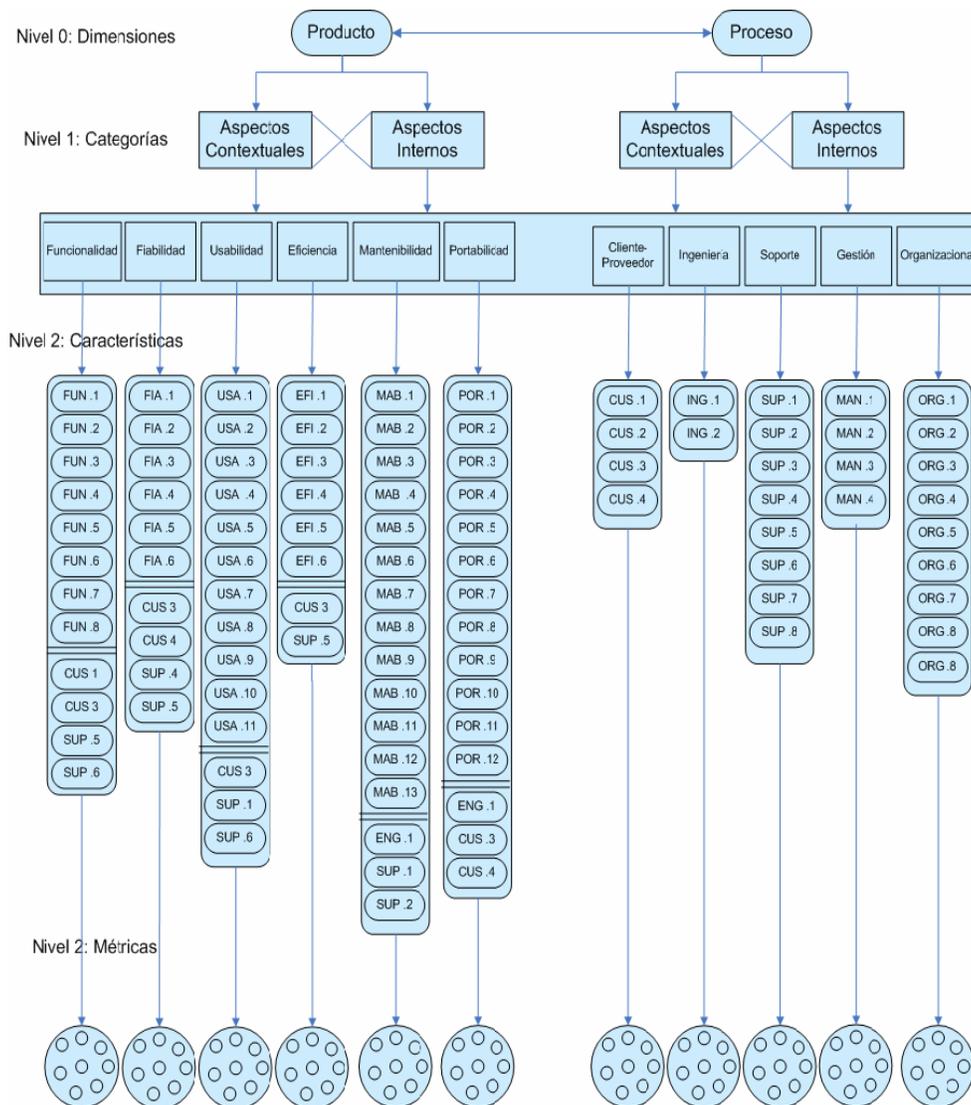


Figura 7. Estructura del MOSCA (MENDOZA *et al.* 2004)

1.6.3.2.- Descripción del Algoritmo para aplicar MOSCA

El algoritmo contempla tres (3) fases. En las cuales se evalúa la calidad del producto de software como también la calidad del proceso de desarrollo del mismo. Estas fases son: (FEIJOO 2002)

Fase 1: Calidad del producto de software con un enfoque sistémico.

Fase 2: Calidad del proceso de desarrollo de software con un enfoque sistémico.

Fase 3: Integración de las mediciones de los sub-modelos de la calidad del producto y la calidad del proceso (ver Figura 8).

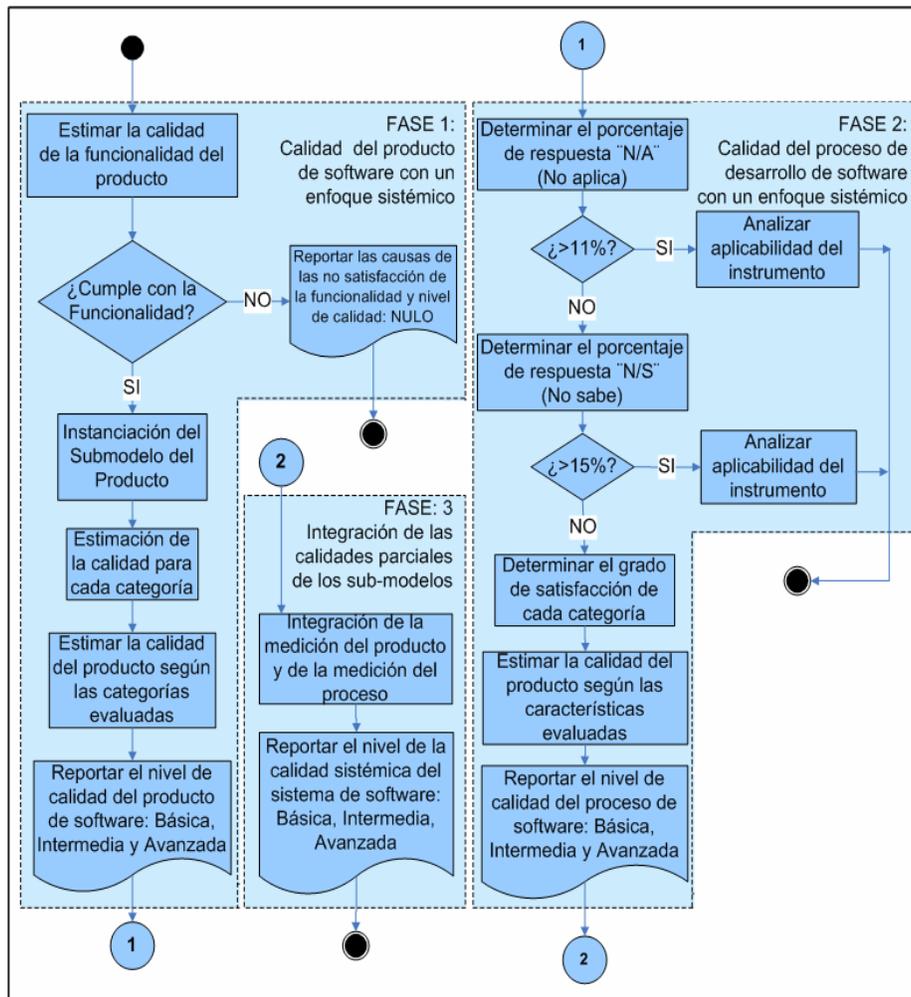


Figura 8. Algoritmo de Aplicación MOSCA.

A continuación se describe la fase 2. Es importante destacar que las fases 1 y 3 no se analizan en esta investigación, ya que en este trabajo se tendrá en cuenta solamente la evaluación de calidad del proceso.

Fase 2: Calidad del proceso de desarrollo de software con un enfoque sistémico

A través de la ejecución de esta fase, se evalúa la calidad del proceso de desarrollo del software; para tal fin, se siguen 4 actividades, las cuales se describen a continuación.

1) Determinar el porcentaje de respuestas 'N/A' (No Aplica) contestadas por los encuestados, por cada categoría. Si este porcentaje es alto (superior a un 11%), entonces se analiza la aplicabilidad del instrumento de medición. En caso contrario, se continúa con la segunda actividad de esta fase. (MENDOZA *et al.* 2002)

2) Determinar el porcentaje de respuestas 'N/S' (No Sabe) contestadas por los encuestados, por cada categoría. Para analizar el nivel de divulgación de información, si dicho porcentaje es alto (superior al 15%), esto indicará que existe un alto nivel de desinformación en relación a las actividades asociadas a la categoría en cuestión. Si el porcentaje es menor, se continúa con el algoritmo. (MENDOZA *et al.* 2002)

3) Determinar el grado de satisfacción de cada categoría. Para cada categoría del sub-modelo del proceso de desarrollo determina: (MENDOZA *et al.* 2002)

- El porcentaje de responder 'SI' a la(s) pregunta(s) asociadas a una métrica en particular.
- La frecuencia asociada a cada métrica, cuyo valor será la mediana de los valores calculados en el paso anterior.
- La frecuencia de cada característica.
- La frecuencia de todas las categorías del sub-modelo.

Una categoría será satisfecha si la frecuencia calculada es altamente satisfecha. La Tabla 1 muestra el número de características mínimas que cada categoría debe cumplir para ser altamente satisfecha. Los números de características por categoría del proceso indicados en la Tabla 1 se determinaron tomando en cuenta que para que una categoría sea satisfecha, al menos el 75% de sus características tienen

que ser altamente satisfechas; de esta manera se garantiza nuevamente coherencia y consistencia en relación a los niveles de aceptabilidad establecidos por el modelo. (MENDOZA *et al.* 2002)

Tabla 1. Número mínimo de características que deben ser satisfechas por cada categoría para el proceso. (MENDOZA *et al.* 2002)

Categorías del proceso	Número de características mínimas que deben ser satisfechas
Cliente-Proveedor	3
Ingeniería	2
Soporte	6
Gestión	3
Organizacional	7

4) Estimar la calidad del proceso partiendo de las categorías evaluadas. Sobre la base de las categorías satisfechas, los niveles de calidad son: (MENDOZA *et al.* 2002)

- Nivel de Calidad Básico. Es la mínima calidad requerida. Se satisfacen las categorías Cliente-Proveedor e Ingeniería.
- Nivel de Calidad Intermedio. Ésta no sólo satisface las categorías del Nivel de calidad Básico, sino que, además, satisface las categorías Soporte y Gestión.
- Nivel de Calidad Avanzado. Satisface todas las categorías.

Cabe destacar en este momento que, a diferencia del sub-modelo de calidad del producto, el sub-modelo de calidad del proceso no se instancia debido primordialmente a que el Sistema de Software (SS) construido (el producto) es diferente al Sistema de las actividades humanas (el proceso) mediante el cual el Sistema-Producto es diseñado. En otras palabras, el proceso tiene implicaciones organizacionales, técnicas y humanas, que son propias al proyecto de construcción del SS, y que influyen directamente sobre este. Es importante destacar que el sub-modelo del proceso resume las actividades típicas que coexisten en el desarrollo de SS, mientras que en el caso del sub-modelo del producto no todas las características pueden coexistir. Estudiar todo el proceso de desarrollo del SS estimado permite obtener una visión sistémica de éste, así como brindar observaciones más completas a la empresa. (MENDOZA *et al.* 2002)

1.6.3.3.- Ventajas y Desventajas que presenta el modelo de calidad sistémica MOSCA

A continuación se exponen la diferentes ventajas y desventajas que tiene el modelo de calidad sistémica MOSCA.

Ventajas

- La forma en la que se realiza la evaluación es muy sencilla. (CUMBICOS *et al.* 2006)
- Puede medir el software de acuerdo al producto final y a los procesos utilizados en el proyecto. (GRIMÁN *et al.* 2004).

Desventajas

- El elevado número de métricas que propone.
- No identifica los roles que se deben jugar en cada una de estas fases de evaluación que propone.
- No identifica las áreas de procesos que se deben de evaluar.

1.7.- Conclusiones

Después de analizar los principales modelos y estándares que evalúan el proceso de desarrollo del software en la actualidad, se seleccionan un conjunto de aspectos que coinciden en éstos y que no se pueden dejar de utilizar en la propuesta del presente trabajo (Ver Tabla 2). En la siguiente tabla se establece una comparación del comportamiento de estos aspectos en los modelos de evaluación propuestos por los modelos y estándares mencionados anteriormente.

Tabla 2. Análisis del comportamiento de los aspectos seleccionados en los modelos y estándares estudiados.

Aspectos	SCAMPI	SPICE	MOSCA
Roles y responsabilidades de los involucrados en la evaluación	Muy bien definidos	No están definidos	No están definidos
Evaluación	Propone 3 pasos muy bien	Propone 8 pasos	Propone 4 pasos

	definidos que especifican qué actividades realizar pero no dice cómo hacerlo.	muy bien definidos, aunque se necesita de un gran esfuerzo para su entendimiento.	muy bien definidos, los cuales son sencillos y de fácil comprensión
Procesos que se tienen en cuenta en la evaluación	Muy bien definidos.	Muy bien definidos.	No están definidos.
Niveles	Propone 5 niveles de madurez y 6 niveles de capacidad claramente definido.	Propone 6 niveles de capacidad muy bien definido.	Consta de 4 niveles muy definidos.
Métricas	No tiene definidas las métricas a usar.	No tiene definidas las métricas a usar.	Tiene muy bien definidas las métricas que utiliza.
Artefactos	No tiene definidas las plantillas a utilizar para la recogida de información.	No tiene definidas las plantillas a utilizar para la recogida de información.	No tiene definidas las plantillas a utilizar para la recogida de información.

Después de haber realizado dicho análisis se seleccionan los modelos y estándares que servirán de guía por cada uno de los aspectos que se tendrán en cuenta en la elaboración de la propuesta, (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Selección de los modelos y estándares que servirán de guía en la elaboración de la propuesta

Aspectos	Modelos y estándares utilizados como guía en la creación del modelo de evaluación MEPDSE	Justificación de la selección
Roles y responsabilidades de los involucrados en la evaluación	SCAMPI	Se hace esta selección debido a que este modelo tiene bien definidos los roles y responsabilidades de los participantes en el proceso de evaluación.
Evaluación	SPICE y MOSCA	Se seleccionan los pasos que realiza SPICE en su modelo de evaluación por estar muy bien pensados y especificar qué hacer en cada uno de ellos, exceptuando los pasos 5, 6 y 7 que son

		los encargados de efectuar la evaluación como tal, ya que éstos son muy complejos y a su vez difíciles de entender, en cambio para realizar dichos pasos se selecciona lo que propone el modelo MOSCA debido a que tiene muy bien definida esta parte y además lo hace de forma sencilla y clara obteniendo buenos resultados.
Procesos que se tienen en cuenta en la evaluación	SCAMPI y SPICE	Se realiza esta selección debido a que estos Modelos/Estándar tienen bien definidos los sub-procesos que se realizan en el proceso de desarrollo de un software, agrupados además por categorías.
Niveles	SCAMPI y SPICE	Se realiza esta selección debido a que estos dos Modelos/Estándar tienen bien definido los niveles, los cuales dan una idea clara del estado actual de la organización.
Métricas	MOSCA	Se realiza esta selección debido a que este modelo define un conjunto de métricas muy bien definidas que permiten determinar el nivel que se ha alcanzado en la evaluación.
Artefactos	-	No se utilizará como guía ningún Modelo/Estándar debido a que éstos no tienen esta información muy bien definida.

Se debe tener en cuenta que aunque se utilicen los aspectos que plantean algunos modelos, éstos deben sufrir cambios por ser muy generales y no aplicables al SWE, ya que no tienen en consideración sus dos grupos de características e indicadores básicos de calidad: los aspectos técnicos y los aspectos pedagógicos. (GRAELLS. 2002)

Una vez analizadas las tendencias, en el presente trabajo se asume que el Modelo de evaluación del proceso de desarrollo del SWE (MEPDSE) quedará conformado de la siguiente manera:

- Los objetivos del mismo.

- Los roles y responsabilidades de los participantes en el proceso de evaluación: una definición general de cada rol.
- Los puntos de chequeo en los que se evaluará el proceso de desarrollo del SWE: se mencionan y se explica el por qué de la selección.
- Los procesos que serán evaluados: se mencionan los procesos y se agrupan además por categorías.
- Fases del modelo de evaluación: se explica detalladamente cada una de ellas.

2

CAPÍTULO DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN

2.1.- Introducción

En este capítulo se realiza la descripción de la propuesta que tiene como objetivo el presente trabajo, para ello se describen los roles y responsabilidad, se definen los puntos de chequeos necesarios para establecer una evaluación con calidad, se especifican los procesos que serán evaluados en la propuesta y se definen las fases que se realizarán en la evaluación, dentro de éstas se adaptan las métricas a las especificidades del modelo y se establecen los artefactos que se utilizarán para la recogida de información.

2.2.- Modelo de evaluación MPDSE

En este sub-epígrafe se definen los diferentes elementos que componen el modelo de evaluación del proceso de desarrollo del SWE, a continuación se detallan cada uno de ellos.

2.2.1.- Objetivos de MEPDSE

Proporcionar un modelo de evaluación que permita:

- Un fácil entendimiento por parte del personal implicado.
- Identificar el nivel de calidad que realmente posee el proyecto evaluado.
- Obtener calidad en el proceso de desarrollo del SWE.

2.2.2.- Roles y responsabilidad de los participantes en el proceso de evaluación

Los roles se clasifican en dos categorías los evaluados que son los integrantes del proyectos que serán evaluados y los evaluadores que son los encargado de realizarla. A continuación se dará una

breve explicación de las diferentes responsabilidades que pueden tener estos roles dentro del proceso de evaluación.

Evaluados:

- Directivo: Persona que solicita la evaluación, define el alcance y recibe los resultados de la misma, éste es el encargado de que los productos que se realicen tengan buena calidad.
- Líder del Proyecto: Responsable del proyecto, encargado de revisar y analizar los resultados preliminares y participar en las discusiones grupales del proyecto.
- Analistas, Programadores, Asesores de guiones técnicos, Guionistas y Diseñadores gráficos: Participan en entrevistas personales, revisan que la información recolectada sea la correcta y revisan los resultados preliminares.

Evaluadores:

- Líder del Equipo Evaluador de Calidad: Responsable de la evaluación, debe estar capacitado y autorizado por el Asesor de Calidad de la Facultad y debe asegurar que:
 - El proceso de evaluación sea realizado conforme al modelo y que los resultados de ésta sean representativos.
 - Exista correspondencia entre los procesos a evaluar con los definidos en el modelo.
 - Los datos de la evaluación sean registrados en el formato adecuado para la evaluación y conforme con lo indicado en el modelo.
- Equipo Evaluador: Personas con experiencias en Ingeniería de Software, sólidos conocimientos del Modelo MEPDSE, el proceso de desarrollo del SWE y los procesos que se están evaluando, el número de integrantes dependerá de la complejidad del proyecto o la urgencia con que se realice la evaluación, éstos realizan las siguientes actividades, recolección de información, realización de la evaluación e información del estado actual del proyecto.
- Equipo Evaluador: Personas con experiencias en Ingeniería de Software, sólidos conocimientos del Modelo MEPDSE y el proceso de desarrollo del SWE, además de un experto del proceso que se esté evaluando. El número de integrantes dependerá de la complejidad del proyecto o la urgencia con que se realice la evaluación, éstos realizan las

siguientes actividades, recolección de información, realización de la evaluación e información del estado actual del proyecto.

- Coordinador del proyecto: Miembro del proyecto encargado de representarlo en la evaluación.

Es importante destacar antes de analizar el Modelo de Evaluación, que para tener éxito en la evaluación se deben tener en cuenta un conjunto de factores que SPICE puntualiza de manera concreta (Ver epígrafe 1.6.2.3).

2.2.3.- Procesos a tener en cuenta en la evaluación

Dentro del modelo de evaluación MEPDSE, se tendrán en cuenta un grupo de sub-procesos que no se pueden dejar de realizar en el desarrollo de un proyecto de SWE.

Estos sub-procesos se toman del modelo propuesto en la siguiente tesis de maestría (PÉREZ, YAILET MARTÍNEZ 2007) y de otros modelos y estándares como CMMI-SW, SPICE y MOSCA, los siguientes se exponen a continuación agrupado por categorías:

PRO Categoría del proceso del proyecto: Procesos utilizados en la gestión de cualquier tipo de proyecto.

PRO 1. Gestión de contratación

PRO 2. Gestión de riesgo

PRO 3. Planificación y seguimiento del proyecto

PRO 4. Gestión de los recursos

SUP Categoría del proceso de soporte: Procesos que dan soporte al resto de los procesos, en distintos puntos del ciclo de vida del software.

SUP 1. Gestión de configuración y cambios

SUP 2. Aseguramiento de la calidad

ING Categoría del proceso de producción: Procesos que directamente especifican, implementan o mantienen el producto de software.

ING 1. Realización del flujo de trabajo de la modelación conceptual

ING 2. Realización del flujo de trabajo de gestión de requisitos

ING 3. Realización del flujo de trabajo del análisis

ING 4. Gestión de recursos audiovisuales

ING 5. Obtención del diseño gráfico

ING 6. Realización del flujo de trabajo del diseño

ING 7. Realización del flujo de trabajo de implementación.

ING 8. Realización del flujo de trabajo de prueba

ING 9. Realización del flujo de trabajo de Implantación

2.2.4.- Puntos de Chequeo

Según (MINED. 2006) para realizar una evaluación del SWE con calidad hay que tener en consideración tres factores básicos, los cuales se exponen a continuación:

- Validación pedagógica
- Validación del diseño gráfico
- Validación Funcional

Por lo anterior expuesto se hace necesario establecer puntos de chequeo que permitan evaluar el proceso de desarrollo del SWE y asegurar que estos factores hayan sido considerados en él.

Los puntos de chequeos que se establecen en el modelo MPDSE son (Ver Figura 9):

1. Al finalizar el sub-proceso de modelación conceptual: Se hace necesaria esta evaluación porque hasta ese momento se cumple con el factor básico de validación pedagógica, que engloba el estudio de los usuarios a los que van destinados el software, el diseño pedagógico de éste y el aval de las necesidades.
2. Al finalizar el sub-proceso del diseño gráfico: Se hace necesaria esta evaluación porque hasta ese momento se cumple con el factor básico de validación del diseño gráfico, que engloba la captura de requisitos, la gestión de los recursos audiovisuales, la definición del diseño gráfico que va tener el sistema.

3. Al finalizar el sub-proceso de prueba: Se hace necesaria esta evaluación porque hasta ese momento se cumple con el factor básico de validación funcional que engloba todas las funcionalidades del sistema: análisis y diseño, implementación del sistema, y la realización de pruebas.

Es válido aclarar que independientemente del momento en que se esté realizando la evaluación se ejecutarán las 5 fases que propone el modelo de evaluación MEPDSE.

Estos puntos de chequeos que se exponen son los que se recomiendan utilizar, pero éstos pueden variar e incluso se pueden obtener nuevos, en dependencia de las características que tenga el proyecto que se esté evaluando.

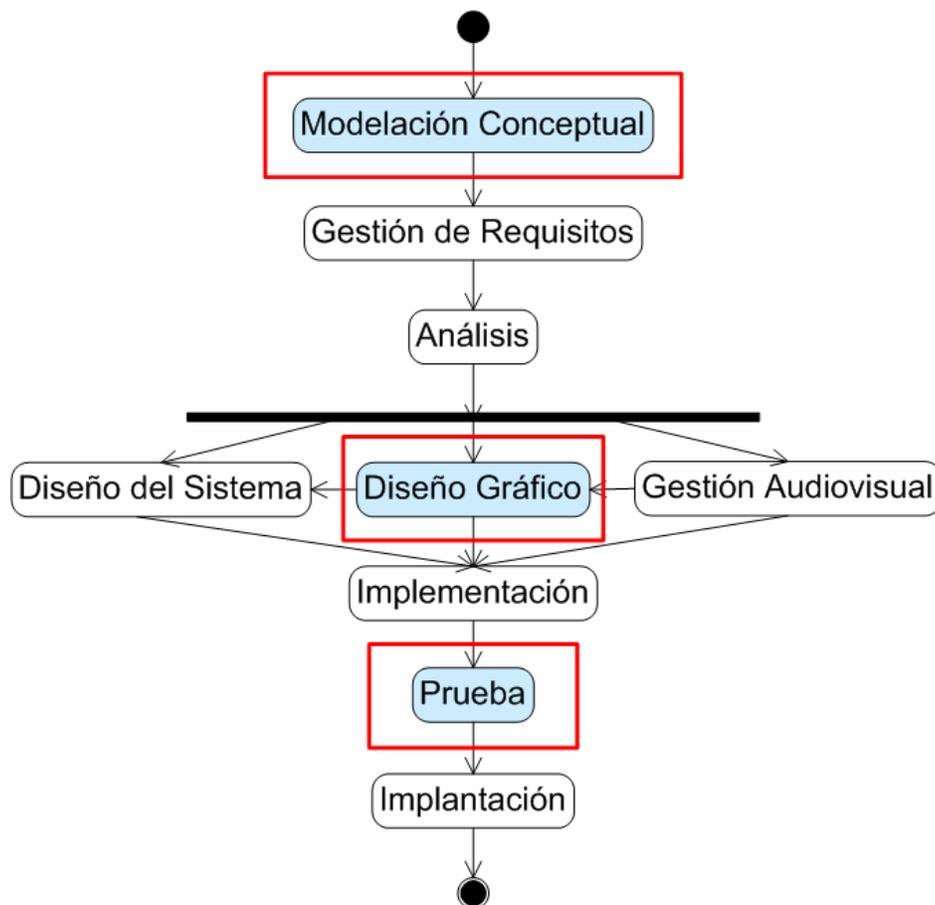


Figura 9. Sub-proceso que se desarrollan en la categoría del proceso de producción.

En la figura se cierran en un cuadrado los subprocesos que una vez terminados dan paso a que se realicen la evaluación.

2.2.5.- Descripción de las fases del Modelo de Evaluación MEPDSE

La evaluación del proceso consta de 5 fases (ver Figura 10), estas fases son las mismas a seguir en cualquier tipo de evaluación del proceso de desarrollo del SWE.

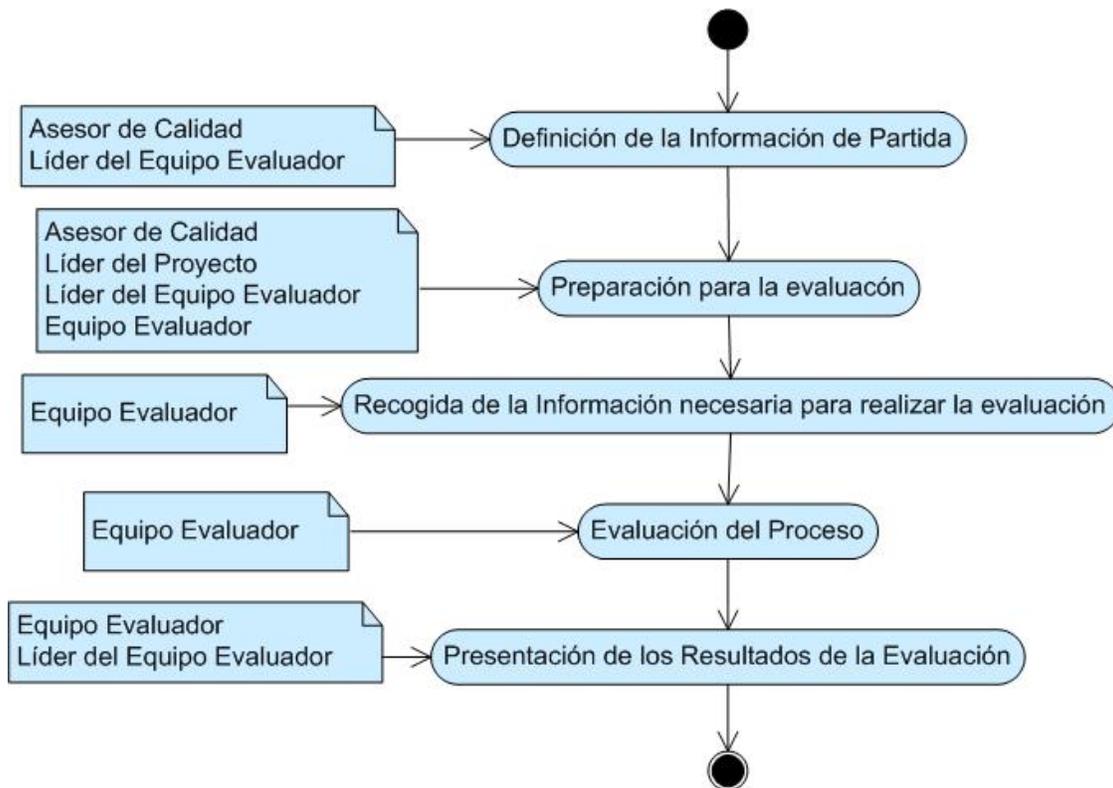


Figura 10. Fases del modelo de evaluación MEPDSE .

En la figura se especifican cada una de las fases que se realizan en el modelo de evaluación MEPDSE y los responsables de cada una de ellas.

A continuación se brinda una explicación de cada una de estas actividades.

Definición de la información de partida

En esta fase se define la visión de la evaluación, su objetivo principal es determinar toda la información necesaria para dar inicio a la evaluación, para dar cumplimiento a lo anterior expuesto los responsables (asesor de calidad y líder del equipo evaluador) deben discutir y definir esta información y deben dejarla plasmada en una plantilla que estará definida con anterioridad (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Descripción de la plantilla utilizada para la recogida de la información de partida.

Plantilla para la recogida de la información de partida	
Fecha de realización	00/00/00
Responsables	
Cargo	Nombre y apellidos
Líder del Proyecto	...
Asesor de Calidad	...
En caso de que el responsable ocupe otro cargo especificar cuál.	
Información de partida	
El propósito de la evaluación	<i>(Aquí queda reflejado el por qué de la evaluación)</i>
El alcance de la evaluación	<i>(Aquí se especifica los procesos que se evaluarán)</i>
Limitaciones de la evaluación	<i>(Aquí queda plasmada todas las restricciones que pueda tener la evaluación)</i>
Los responsables de realizar la evaluación	<i>(Aquí se especifica quienes son los responsables de realizar cada una de las actividades de la evaluación)</i>
La identificación de cualquier información adicional que se necesite para realizar la evaluación	<i>(Aquí se especifica alguna información relevante para la evaluación en caso que exista)</i>

Preparación para la evaluación

En esta fase se prepara al equipo evaluador y a los integrantes del proyecto para la evaluación, el objetivo principal que se persigue es que todos los involucrados estén listos y tengan conocimiento de cómo se llevará a cabo esta evaluación y así se realice con una mayor calidad. Para la realización de esta fase hay que tener en cuenta la información de partida, ya que nos da la idea de lo que se

pretende hacer, además se debe seguir un conjunto de pasos que garanticen que se realice lo mejor posible, a continuación se detallan cada uno de ellos y se especifican los responsables de realizarlos.

- Selección y preparación del equipo de evaluación: Los responsables de realizar este paso son el asesor de calidad y el líder del equipo evaluador, ellos deben tener en cuenta lo siguiente.
 - Elección del tamaño del equipo de evaluación: Para esto se debe tener en cuenta los conocimientos y experiencia que tenga los integrantes que vayan a conformar el equipo, el alcance que tenga la evaluación y la complejidad del proyecto que vaya a ser evaluado.
 - Definición de las responsabilidades de cada uno de los integrantes del equipo: Cada uno de los integrantes del equipo debe tener una responsabilidad específica, de acuerdo a la actividad que vaya a realizar, estas pueden ser (1. Dirigir el equipo de evaluación, 2. Recolectar los datos necesarios para la evaluación, 3. Realizar la evaluación, 4. Informar los resultados de la evaluación).
 - Preparación del equipo de evaluación: El líder del equipo evaluador debe organizar encuentros previos con su equipo para asegurarse que sus integrantes conozcan y comprendan la información de partida que se definió y los diferentes aspectos que se tienen que tener en cuenta para evaluar el SWE, en caso que algún integrante no esté apto debe ser sustituido por otro.

Al realizar este paso se deben guardar los datos con el objetivo de poder consultarlo posteriormente. Esto se hará en una plantilla que estará definida con anterioridad. (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Descripción de la plantilla utilizada para la recogida de datos del equipo evaluador.

Plantilla para la recogida de datos del equipo evaluador	
Fecha de realización	00/00/00
Responsables	
Cargo	Nombre y apellidos
Líder del Proyecto	...
Asesor de Calidad	...
En caso de que el responsable ocupe otro cargo especificar cuál.	

Tamaño del Equipo Evaluador	<i>(Aquí queda reflejado el número de integrantes que va a conformar el equipo de evaluación)</i>	
Integrantes del Equipo Evaluador		
Nombre y Apellidos	Responsabilidad	
...	...	
...	...	
...	...	

- Planificar la evaluación: Los responsables son el equipo evaluador y el líder del equipo evaluador. Para realizar este paso se debe tener en cuenta lo siguiente.

- Identificación de los factores de riesgos: Se identificarán los factores de riesgos.

Los más significativos que podrían provocar fallos en la evaluación son:

- Cambios no planificados en la estructura del equipo de evaluación: (líder u otro integrante del equipo deja de estar disponible).
 - Cambios de la organización del proyecto.
 - Cambios en el modelo de evaluación que se esté utilizando.
 - Resistencia o falta de colaboración de los involucrados.
 - Falta de recursos financieros u otros requeridos para la evaluación.
 - Falta de confidencialidad, interna o externa a la organización.
 - Recogida de forma incorrecta de los datos.
 - Selección de las técnicas de evaluación: Se deberá seleccionar las técnicas de evaluación apropiadas para el propósito, alcance y limitaciones de la evaluación, las capacidades del equipo evaluador y el nivel de comprensión del proyecto, éstas servirán como guía de trabajo para todos los implicados en la evaluación, entre las consideradas se incluyen entrevistas, discusiones individuales, discusiones en grupo, sesiones de equipo cerradas, revisiones de documentos y sesiones de realimentación.

- o Desarrollo del plan de evaluación: Se debe definir al principio de la evaluación y se le debe dar continuidad durante el proceso. El equipo evaluador y el líder del equipo evaluador deberán asegurarse que con el plan de evaluación es posible satisfacer el propósito de la evaluación. El plan de evaluación deberá ser aceptado formalmente por el líder del proyecto y el asesor de calidad de la facultad. El equipo de evaluación deberá asegurarse que el plan pueda ser cumplido.

Al realizar este paso se debe guardar los datos del plan de evaluación con el objetivo de poder consultarlo posteriormente. Esto se hará en una plantilla que estará definida con anterioridad. (Ver Tabla 6).

Tabla 6. Descripción de la plantilla utilizada para la recogida de datos del plan de evaluación.

Plantilla para la recogida de datos del plan de evaluación	
Fecha de realización	00/00/00
Responsables	
Cargo	Nombre y apellidos
Líder del Proyecto	...
Integrantes del Equipo Evaluador	...
	...
Técnicas de Evaluación¹	<i>(Aquí queda reflejado las técnicas que se utilizarán en la evaluación)</i>
Información de partida	<i>(Esta información se toma de la plantilla para la recogida de información de partida)</i>
Los roles y responsabilidades de todos los implicados en la evaluación	<i>(Esta información se toma de la plantilla de datos del equipo evaluador)</i>
Tiempo de duración de la evaluación	Justificación
<i>(Aquí queda reflejado el tiempo que durará la evaluación)</i>	<i>(Aquí queda reflejado el por qué se necesita ese tiempo)</i>
Recursos que se utilizarán en la evaluación	
Tipo de recurso	Cantidad
...	...

...	...
...	...
Mecanismos de control y puntos de comprobación²	
Fecha de las evaluaciones	Punto de chequeo en el que se realizará la evaluación
00/00/00	...
00/00/00	...
00/00/00	...
Plantillas a utilizar en la evaluación	<i>(Especificar el nombre de las plantillas)</i>
Comunicación entre el equipo de evaluación y el proyecto³	
Participantes de las reuniones que se establecerán al finalizar de cada evaluación⁴	Nombre y Apellidos
	...
	...
	...
Fecha de reuniones⁵	00/00/00
	00/00/00
	00/00/00
Factores de riesgo y acciones apropiadas de contingencia y preventivas⁶	
Acciones preventivas	
<i>(Nombrar las acciones)</i>	<i>(Explicar las acciones)</i>
...	...
...	...
Factores de riesgo	Acciones de contingencia
<i>(Nombrar los factores de riesgos)</i>	<i>(Explicar las acciones de contingencia que se toman por cada factor de riesgo)</i>
...	...
Compromisos y acuerdos sobre la confidencialidad y propiedad de los resultados de la evaluación	

<i>(Aquí se puntualizan los compromisos y acuerdos que se toman para garantizar la confidencialidad y la propiedad de los resultados de la evaluación)</i>
...
...

¹ Estas técnicas deben seleccionarse de acuerdo con el propósito, el alcance, las limitaciones de la evaluación, las capacidades del equipo evaluador y el nivel de comprensión del proyecto.

² Aquí se debe especificar los momentos en el proceso del desarrollo del software en que se realizará la evaluación, además definir las métricas que se utilizarán y cuales de las plantillas definidas en el modelo se utilizarán, esta selección se hará en dependencia de las características propias del proyecto.

³ Aquí se debe definir la fecha de las reuniones que se establecerán al finalizar cada una de las evaluaciones previstas en todo el proceso de desarrollo de software, las que se establecerán entre los integrantes del equipo evaluador y del proyecto; su objetivo principal es la información al proyecto de su estado en cada una de las evaluaciones y cuáles han sido las deficiencias encontradas, para que puedan tomar medidas y el producto final quede con mayor calidad.

⁴ Se debe seleccionar de 2 – 4 personas en dependencia de las características del proyecto y de la evaluación, además del líder del proyecto y del líder del equipo evaluador.

⁵ Deben estar en correspondencia con las fechas de las evaluaciones previamente establecidas.

⁶ Definir los factores de riesgos y las acciones de contingencias que se deben seguir en caso que ocurra alguno, además definir un plan de acciones preventivas con el objetivo de evitarlos.

- Preparar al proyecto para la evaluación: El responsable es el líder del proyecto, para realizar este paso se debe tener en cuenta lo siguiente.
 - Selección del representante del proyecto en la evaluación: El líder del Proyecto deberá seleccionar a una persona que cumpla la función de mediador entre los integrantes del proyecto y el equipo evaluador, la cual estará encargada de verificar que se esté realizando correctamente la evaluación y que prepare el entorno necesario para las actividades de la evaluación.
 - Información del proyecto: El líder del proyecto estará encargado de informar al proyecto sobre el plan de de evaluación acordado.

Recogida de la información necesaria para realizar la evaluación

En esta fase se recopila la información necesaria para la evaluación, el objetivo principal que se persigue es que la información recogida sea lo más real posible, es decir que brinde el estado actual del proyecto. Para esto el equipo evaluador llenará unas plantillas que estarán previamente establecidas (Ver Tabla 8, 9, 10 y 11) las cuales van a estar conformadas por los sub-proceso que se

realizan en el proceso de desarrollo de SWE en la Universidad agrupadas además por categorías y las actividades que se realizan en cada uno de ellos, los integrantes del equipo evaluador darán una evaluación cualitativa de (Bien, Regular o Mal) a cada una de estas actividades. Ésta información recogida será procesada en la siguiente fase.

Para realizar esta recogida hay que tener en cuenta el momento del proceso de desarrollo en que se quiere realizar la evaluación.

A continuación se especifica las plantillas que se deben llenar en dependencia del punto de chequeo que se vaya a ejecutar (Ver Tabla 7).

Tabla 7. Plantillas a llenar por puntos de chequeo.

Punto de chequeo	Información que se recoge
1	Se llenan la plantilla 1 y 4
2	Se llenan la plantilla 2, 4 y se da continuidad a las actividades que hayan obtenido calificación de R o M en un punto de chequeo anterior a este.
3	Se llenan la plantilla 3 y 4 y se da continuidad a las actividades que hayan obtenido calificación de R o M en un punto de chequeo anterior a este.

Tabla 8. Información que se recogerá en el 1^{er} punto de chequeo.

Plantilla 1. Recogida de información que se utilizará en la evaluación					
Fecha de recogida de la información		00/00/00			
Integrantes del Equipo Evaluador encargados de la recogida					
Nombre y Apellidos		Cargo (en caso que tengan)			
...		...			
...		...			
...		...			
Se otorga un valor cualitativo (Bien, Regula o Mal) a cada una de las actividades realizadas en los sub-procesos del proceso de desarrollo del proyecto.					
Categoría	Sub-proceso	Actividad	Evaluación		
			1 ^{er} pto de	2 ^{er} pto de	3 ^{er} pto de

ING	ING 1	ING 1.1	chequeo			chequeo			chequeo		
			B	R	M	B	R	M	B	R	M
		ING 1.1	B	R	M	B	R	M	B	R	M
		ING 1.2									
		ING 1.3									
		ING 1.4									
A continuación se exponen las categoría, los sub-proceso dentro de éstas y las actividades que se realizan en cada uno de ellos											
ING CATEGORÍA DE PROCESO DE PRODUCCIÓN											
ING 1. Realización del flujo de trabajo de la modelación conceptual											
ING 1.1 Estudiar el entorno											
ING 1.2 Realización del diseño instruccional											
ING 1.3 Establecimiento de las estrategias de evaluación pedagógicas											
ING 1.4 Obtención de los siguientes entregables:											
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelo instruccional. ▪ Estrategia de evaluación pedagógica. 											

Tabla 9. Información que se recogerá en el 2^{er} punto de chequeo.

Plantilla 2. Recogida de información que se utilizará en la evaluación					
Fecha de recogida de la información		00/00/00			
Integrantes del Equipo Evaluador encargados de la recogida					
Nombre y Apellidos		Cargo (en caso que tengan)			
...		...			
...		...			
...		...			
Se otorga un valor cualitativo (Bien, Regula o Mal) a cada una de las actividades que se realizan en los subprocesos realizados en desarrollo del proyecto.					
Categoría	Sub-proceso	Actividad	Evaluación		
			1 ^{er} pto de	2 ^{er} pto de	3 ^{er} pto de

			chequeo			chequeo			chequeo		
			B	R	M	B	R	M	B	R	M
ING	ING 2	ING 2.1									
		ING 2.2									
		ING 2.3									
		ING 2.4									
		ING 2.5									
		ING 2.6									
	ING 3	ING 3.1									
		ING 3.2									
		ING 3.3									
	ING 4	ING 4.1									
		ING 4.2									
	ING 5	ING 5.1									
		ING 5.2									
		ING 5.3									
		ING 5.4									

A continuación se exponen las categoría, los sub-proceso dentro de éstas y las actividades que se realizan en cada uno de ellos

ING CATEGORÍA DE PROCESO DE PRODUCCIÓN

ING 2. Realización del flujo de trabajo de gestión de requisitos

ING 2.1 Realización del levantamiento de requisitos pedagógicos

ING 2.2 Realización del levantamiento de requisitos del sistema

ING 2.3 Realización del levantamiento de requisitos gráficos (ésta actividad depende de que se haya realizado ya el proceso de diseño gráfico)

ING 2.4 Identificación de los casos de uso del sistema

ING 2.5 Establecimiento de la estrategia de prueba funcional

<p>ING 2.6 Obtención los siguientes entregables:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Documento de requisitos.
<p>ING 3. Realización del flujo de trabajo del análisis</p>
<p>ING 3.1 Realización de los Casos de Usos</p>
<p>ING 3.2 Desarrollo del prototipo</p>
<p>ING 3.3 Obtención de los siguientes entregables:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diagrama de esquemas de presentación ▪ Mapa de Navegación ▪ Prototipo del Software ▪ Listado de recursos audiovisuales
<p>ING 4. Gestión de recursos audiovisuales</p>
<p>ING 4.1 Gestión de recursos audiovisuales</p>
<p>ING 4.2 Obtención de los siguientes entregables:</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Repositorio de recursos audiovisuales
<p>ING 5. Obtención del diseño gráfico</p>
<p>ING 5.1 Realización del diseño de la interfaz</p>
<p>ING 5.2 Realización de recursos</p>
<p>ING 5.3 Aprobación del diseño</p>
<p>ING 5.4 Obtención de los siguientes entregables:</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual de diagramación
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Repositorio de recursos

Tabla 10. Información que se recogerá en el 3^{er} punto de chequeo.

Plantilla 3. Recogida de información que se utilizará en la evaluación											
Fecha de recogida de la información					00/00/00						
Integrantes del Equipo Evaluador encargados de la recogida											
Nombre y Apellidos					Cargo (en caso que tengan)						
...					...						
...					...						
...					...						
Se otorga un valor cualitativo (Bien, Regula o Mal) a cada una de las actividades que se realizan en los subprocesos realizados en desarrollo del proyecto.											
Categoría	Sub-proceso	Actividad	Evaluación								
			1 ^{er} pto de chequeo			2 ^{er} pto de chequeo			3 ^{er} pto de chequeo		
ING	ING 6	ING 6.1	B	R	M	B	R	M	B	R	M
		ING 6.2									
	ING 7	ING 7.1									
		ING 7.2									
	ING 8	ING 8.1									
		ING 8.2									
		ING 8.3									
		ING 8.4									
A continuación se exponen las categoría, los sub-proceso dentro de éstas y las actividades que se realizan en cada uno de ellos											
ING CATEGORÍA DE PROCESO DE PRODUCCIÓN											
ING 6. Realización del flujo de trabajo del diseño											
ING 6.1 Realización del diseño de la arquitectura del software											
ING 6.2 Obtención de los siguientes entregables:											
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Documento diagrama de diseño ▪ Documento de arquitectura 											

ING 7. Realización del flujo de trabajo de implementación
ING 7.1 Desarrollo de versiones del producto
ING 7.2 Obtención de los siguientes entregables: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Versiones del producto hasta su versión final
ING 8. Realización del flujo de trabajo de prueba
ING 8.1 realización de los casos de prueba
ING 8.2 Probar funcionalmente el software
ING 8.3 Hacer evaluación pedagógica piloto
ING 8.4 Obtención de los siguientes entregables: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Documentos de correcciones ▪ Documento de análisis de impacto

Tabla 11. Información que se recogerá en cualquiera de los tres puntos de chequeo.

Plantilla 4. Recogida de información que se utilizará en la evaluación											
Fecha de recogida de la información						00/00/00					
Integrantes del Equipo Evaluador encargados de la recogida											
Nombre y Apellidos						Cargo (en caso que tengan)					
...						...					
...						...					
...						...					
Se otorga un valor cualitativo (Bien, Regula o Mal) a cada una de las actividades que se realizan en los subprocesos realizados en desarrollo del proyecto.											
Categoría	Sub-proceso	Actividad	Evaluación								
			1 ^{er} pto de chequeo			2 ^{er} pto de chequeo			3 ^{er} pto de chequeo		
PRO	PRO 1	PRO 1.1	B	R	M	B	R	M	B	R	M
		PRO 1.2									

	PRO 2	PRO 2.1											
		PRO 2.2											
	PRO 3	PRO 3.1											
		PRO 3.2											
		PRO 3.3											
	PRO 4	PRO 4.1											
		PRO 4.2											
	SUP	SUP 1	SUP 1.1										
SUP 1.2													
SUP 1.3													
SUP 2		SUP 2.1											
		SUP 2.2											

A continuación se exponen las categoría, los sub-proceso dentro de éstas y las actividades que se realizan en cada uno de ellos

PRO CATEGORÍA DE PROCESO DE PROYECTO

PRO 1. Gestión de contratación

PRO 1.1 Establecer el contrato o documento de colaboración

PRO 1.2 Establecer el estudio de factibilidad

PRO 2. Gestión de riesgo

PRO 2.1 Identificar los riesgos

PRO 2.2 Establecer el plan de mitigación

PRO 3. Planificación y seguimiento del proyecto

PRO 3.1 Establecer el plan de desarrollo del proyecto

PRO 3.2 Establecer el cronogramas de actividades a desarrollar en el proyecto

PRO 3.3 Establecer la bitácora del proyecto

PRO 4. Gestión de los recursos

PRO 4.1 Establecer el control de información del equipo de trabajo y los clientes

PRO 4.2 Establecer el control de los recursos del proyecto

SUP CATEGORÍA DE PROCESO DE SOPORTE

SUP 1. Gestión de configuración y cambios

SUP 1.1 Establecer el plan de configuración
SUP 1.2 Establecer el documento de control de cambios
SUP 1.3 Establecer un repositorio de versiones
SUP 2. Establecer el aseguramiento de la calidad
SUP 2.1 Seleccionar las metodologías a usar en el proyecto.
SUP 2.2 Establecer procedimientos para ajustarse a los estándares de calidad utilizados en el proyecto.

Es importante aclarar que para definir estas plantillas se utilizaron los procesos que define (PÉREZ, YAILET MARTÍNEZ 2007).

Evaluación del proceso

Los encargados de realizar esta fase son los integrantes del equipo evaluador, los cuales evalúan el proceso de desarrollo del SWE, para tal fin se realizan 4 pasos (ver Figura 11), los cuales se describen a continuación.

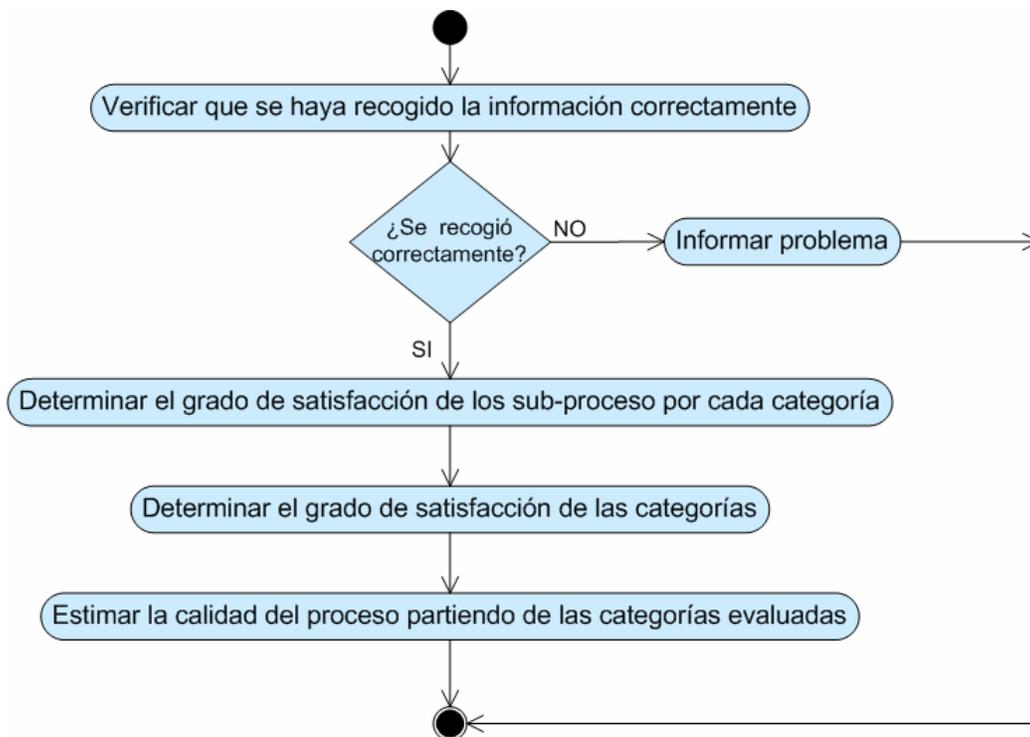


Figura 11. Evaluación del proceso que propone el modelo MEPDSE.

1) Verificar que se recoja la información necesaria para realizar la evaluación en el punto de chequeo que se esté ejecutando, para esto se revisan las plantillas que se utilizaron para la recogida de datos comprobando que éstas no tengan ningún error o campo vacío, en caso de existir algún problema se le informa al líder del equipo evaluador evaluador con el objetivo de tomar medidas culminando de esta forma la evaluación, en caso contrario se prosigue a realizar el siguiente paso.

2) Determinar el grado de satisfacción de los subprocesos por cada categoría, para esto se calcula el porcentaje del valor cualitativo (Bien, Regula o Mal) de las actividades realizadas y en dependencia de las reglas que se exponen en la Tabla 12 se le da un valor a cada sub-proceso. Para más información sobre el grado de satisfacción dirigirse a la Tabla 14.

Tabla 12. Reglas para determinar el grado de satisfacción de un subproceso.

Actividades realizadas en el sub-proceso	Valor cualitativo de las actividades	Grado de satisfacción del subproceso
Al menos el 95%	Bien	Altamente Satisfecho
Al menos el 75%	Bien	Satisfecho
Al menos el 75%	Regular o valores que oscilen entre Bien y Regular.	Parcialmente Satisfecho
Cualquier otro caso		Insatisfecho

3) Determinar el grado de satisfacción de las categorías, para esto se calcula el porcentaje del grado de satisfacción de los subprocesos por cada categoría e ir determinado el grado de satisfacción de cada una de ellas siguiendo las reglas de la Tabla 13.

Tabla 13. Reglas para determinar el grado de satisfacción de una categoría.

Subprocesos realizados en la categoría	Grado de satisfacción de los Sub-procesos	Grado de satisfacción de la categoría.
Al menos el 95%	Satisfecho o valores que oscilen entre Satisfecho y Altamente Satisfecho	Altamente Satisfecho
Al menos el 75%	Satisfecho o valores que oscilen entre Satisfecho y Altamente Satisfecho	Satisfecho

Al menos el 75%	Parcialmente Satisfecho o valores que oscilen entre Parcialmente Satisfecho, Satisfecho y Altamente Satisfecho	Parcialmente Satisfecho
Cualquier otro caso		Insatisfecho

Tabla 14. Grados de Satisfacción y sus descripciones respectivamente.

Grado de Satisfacción	Descripción
Insatisfecho	No esta implementado o no contribuye en ningún grado a satisfacer el propósito del proceso.
Parcialmente Satisfecho	Implementado, pero contribuye poco a satisfacer el propósito del proceso.
Satisfecho	Implementada pero contribuye en gran medida a satisfacer el propósito del proceso.
Altamente Satisfecho	Implementada y contribuye totalmente a satisfacer el propósito del proceso.

4) Estimar la calidad del proceso partiendo de las categorías evaluadas. Los niveles de calidad que se alcanzan son:

- Nivel de calidad 0: No se satisface ninguna categoría, hay desconocimiento en el proyecto, y no se tiene definida la línea base del trabajo.
- Nivel de calidad 1: Es la mínima calidad requerida. Este nivel se alcanza cuando se tienen como altamente satisfecho o satisfecho las categorías del Proceso del proyecto y Proceso de producción.
- Nivel de calidad 2: Este nivel se alcanza cuando no solo se tienen como altamente satisfecho o satisfecho las categorías del nivel de calidad 1, sino que además se incluye la categoría del Proceso de soporte.
- Nivel de calidad 3: Es el nivel máximo de calidad que se puede obtener. Éste se alcanza cuando el grado de satisfacción de todas las categorías es altamente satisfecho.

Para realizar la evaluación se tuvo en cuenta lo que propone el modelo de evaluación SPICE en el epígrafe 1.6.2.4 y el modelo de evaluación MOSCA en el epígrafe 1.6.3.2 del presente trabajo.

Presentación de los resultados de la evaluación

El objetivo principal de esta fase es presentar los resultados de la evaluación, los cuales se utilizan normalmente como base para desarrollar un plan de mejora ó bien para determinar la calidad con que se está llevando a cabo el proceso de desarrollo del SWE en el proyecto y los riesgos asociados a este.

Para presentar estos resultados se tienen en cuenta dos actividades fundamentales : la preparación de la salida de la evaluación y la información de la salida de la evaluación, las cuales se describen a continuación.

Preparar la salida de la evaluación

Una vez determinado el nivel de calidad que ha adquirido el proyecto es necesario preparar la salida de los resultados de la evaluación. Para esto el equipo evaluador redacta un documento en el que recoge la información manejada en la evaluación y que puede ser útil para comprender el resultado de la misma, este documento se redacta siguiendo el siguiente formato (Ver Tabla 15) y el líder del equipo evaluador debe asegurarse que se realice de la forma correcta.

Este documento como mínimo contendrá:

- Fecha de la evaluación
- Nombres del equipo que llevo a cabo la evaluación
- Etapa en la que se realizó la evaluación
- Información que se utilizó como partida para la evaluación
- Cálculos realizados para estimar los grados de satisfacción de los sub-procesos y las categorías
- Nivel de calidad alcanzado
- Limitaciones en la evaluación
- Problemas detectados en la evaluación
- Propuestas de soluciones para la mejora del proceso

Tabla 15. Descripción de la plantilla guía para el documento resultante de la evaluación.

Modelo para la recogida de datos del plan de evaluación	
Fecha de realización	00/00/00
Responsables	
Cargo	Nombre y apellidos
Líder del Equipo Evaluador	...
Integrantes del Equipo Evaluador	...
	...
Puntos de chequeos en los que se realizó la evaluación	<i>(Aquí se especifica en que momento del proceso de desarrollo de software se realizó la evaluación)</i>
Información que se utilizó como partida para la evaluación.	<i>(Esta información se toma de la plantilla para la recogida de información de partida).</i>
Cálculos realizados para estimar los grados de satisfacción de los sub-procesos y las categorías.	<i>(Aquí queda plasmado los cálculos que se realizan en la evaluación, estos se ponen de forma clara y entendible con el objetivo que puedan ser consultados posteriormente por personas ajenas a esta evaluación).</i>
Nivel de calidad alcanzado	<i>(Se especifica el nivel alcanzado en la evaluación).</i>
Limitaciones en la evaluación	<i>(Aquí se especifica las limitaciones que existen en la evaluación, en caso de no existir ninguna se deja en blanco).</i>
Problemas detectados en la evaluación	<i>(Se especifica los problemas detectados en la evaluación, estos deben ser claros ya que son la base para determinar las soluciones posteriores).</i>
Propuestas de soluciones para la mejora del proceso	<i>(Aquí se ponen algunas propuestas de soluciones, estas no son de obligatorio cumplimiento, ya que los líderes del proyecto pueden determinar que no son necesarias y que los problemas encontrados se pueden erradicar de formas distintas).</i>

Informar de la salida de la evaluación

En algunos casos puede resultar deseable comparar los resultados de la evaluación con los resultados de evaluaciones similares a esta o con las evaluaciones que se han realizado en puntos de chequeos anteriores, con el objetivo de verificar si está dando resultados estas evaluaciones y si los planes de mejoras que se toman al finalizar cada evaluación están surtiendo efecto.

Se puede informar los resultados de la evaluación de dos formas la primera una presentación simple donde se expongan solamente los resultados de la evaluación y la segunda una presentación detallada donde se expongan los resultados y los problemas encontrados en la evaluación, además se pueden exponer los planes de acción a seguir para tratar de erradicar estos problemas; se aclara que esto último se hará dependiendo del propósito de la evaluación y de que este análisis adicional se haya ejecutado al mismo tiempo que la evaluación.

Que debo tener en cuenta para aplicar el Modelo de Evaluación MEPDSE

Es importante aclarar que para poder aplicar este modelo de evaluación, los proyectos deben cumplir con determinadas condiciones, dentro de las que se destacan:

- Que se haya evaluado el proyecto desde su comienzo con este modelo.
- Que exista un organización dentro del proyecto que asegure el funcionamiento básico del mismo.
- Que todo el personal del proyecto tenga conocimiento de la evaluación y estén comprometidos con la misma.

2.3.- Conclusiones

En este capítulo se desarrolló la propuesta de solución, obteniéndose un modelo de evaluación del proceso de desarrollo del SWE. Para su creación se definieron los objetivos de la misma, los cuales se enfocaron en la obtención de calidad del producto final; se identificaron los roles y responsabilidades los cuales se adaptaron a las características propias de los proyectos que se realizan en la universidad; se determinaron los sub-procesos que se deben tener en cuenta en la evaluación, para esto se seleccionaron aquellos que no se pueden dejar de realizar en el proceso de desarrollo; se establecieron los puntos de chequeos en los que se realizará la evaluación, estos fueron elegidos de acuerdo a los tres factores básicos que hay que tener en cuenta en la evaluación del SWE; se definieron las fases que componen este modelo de evaluación, en las cuales se seleccionan los artefactos que se utilizarán para la recogida de información y se adaptan las métricas a las condiciones del modelo.

Este desarrollo de la propuesta fue guiado por Modelos/Estándares existentes en el mundo y que tienen resultados a nivel internacional , por lo que se espera que si se aplica la misma se obtengan las siguientes ventajas:

- Fácil comprensión, por ser un mecanismo de evaluación sencillo.
- Aumento de la calidad en el producto final , por evaluar el proceso de desarrollo del software y detectar los errores a tiempo permitiendo una corrección temprana.
- Determinación del nivel de calidad real del proceso,por tener bien definido las métricas y evaluar los sub-procesos que son indispensables en el proceso de desarrollo.

3

CAPÍTULO

EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN

3.1 Introducción

Para realizar la evaluación técnica de la propuesta del Modelo de Evaluación MEPDSE, se utilizó el método multicriterio el cuál se basa en la evaluación cuantitativa de criterios previamente definidos, que permite realizar un estudio de expertos para determinar si se acepta o no el proyecto analizado.

3.2.- Guía para la evaluación técnica

Para llevar a cabo la evaluación se efectuaron un conjunto de pasos, los cuales se detallan a continuación:

1. Se elabora los criterios que fueron utilizados en la evaluación, estos se agrupan por categorías.

Grupo No 1: Criterios de mérito científico.

1. Valor científico de la propuesta.
2. Calidad de la investigación.
3. Contribución científica.
4. Responsabilidad científica y profesionalidad del investigador.

Grupo No 2: Criterios de implantación

5. Necesidad de empleo de la propuesta.
6. Obtención de productos finales con calidad.
7. Posibilidades de aplicación.

Grupo No 3: Criterios de flexibilidad.

8. Adaptabilidad a proyectos productivos de SWE independientemente del tipo de SWE que utilicen.
9. Capacidad del modelo de evaluación para la admisión de cambios que impliquen mejoras.

Grupo No 4. Criterios de impacto.

10. Repercusión en los proyectos productivos que evalúan SWE.
11. Organización en el proceso de desarrollo del SWE.

2. Se determina el peso relativo de cada grupo: es decir se asigna el porcentaje que representa cada grupo de criterios del total de acuerdo con los intereses a evaluar.

- Grupo No.1..... 35
- Grupo No.2..... 30
- Grupo no.3..... 15
- Grupo No.4.....20

3. Se realiza una selección de 7 expertos en la cual se tiene en cuenta su especialidad, grado científico y currículo.

4. Se le solicita a los expertos que den una evaluación de cada uno de los criterios en una escala del 1 al 10, teniendo en cuenta que la suma del valor dado por parte de los expertos a cada criterio de un grupo no exceda del peso relativo asignado a este (Ver Tabla 16).

Para recoger la información anterior se definió un modelo, el cual se expone en los anexos del trabajo.

(Ver Anexo 2).

Tabla 16. Peso otorgado por los expertos a los criterios.

G	C/E	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	Ep
35	C ₁	9	9	8	8	8	9	9	8,57
	C ₂	8	9	8	9	9	9	8	8,57
	C ₃	9	9	9	9	9	8	9	8,86
	C ₄	9	8	10	9	10	9	9	9,14

30	C ₅	8	10	13	12	10	9	10	10,29
	C ₆	15	10	14	16	10	12	10	12,4
	C ₇	7	10	13	12	10	9	10	10,14
15	C ₈	7	9	8	8	9	10	8	8,43
	C ₉	8	6	7	7	6	5	7	6,57
20	C ₁₀	10	10	11	10	10	10	10	10,14
	C ₁₁	10	10	9	10	10	10	10	9,86
T		100	100	100	100	100	100	100	100

5. Se verifica la consistencia en el trabajo de los expertos , para lo que se utiliza el coeficiente de concordancia de Kendall y el estadígrafo Chi cuadrado (X²).

Para esto se sigue el procedimiento siguiente:

- Sea C el número de criterios que van a evaluarse y (E) el número de expertos que realizan la evaluación.
- Para cada criterio se determina (ΣE) que representa la sumatoria del peso dado por cada experto, (Ep) que representa la puntuación promedio de cada criterio y (ΔC) que representa la diferencia entre (ΣE) y (MΣE).
- Se calcula el peso medio de cada criterio (MΣE) y se determina la desviación de la media, que posteriormente se eleva al cuadrado para obtener la dispersión (S) por la expresión. (Ver Tabla 17)

$$S = \sum (\Sigma E - \Sigma \Sigma E / C)^2$$

Tabla 17. Cálculo de la Dispersión (S) para hallar la concordancia entre los expertos.

	ΣE	ΣE/C	ΣE-ΣΣE/C	(ΣE-ΣΣE/C) ²
C ₁	60	5.454545	-5.54545	30.75207
C ₂	60	5.454545	-5.54545	30.75207
C ₃	62	5.636364	-3.54545	12.57025
C ₄	64	5.818182	-1.54545	2.38843
C ₅	72	6.545455	6.454545	41.66116

C₆	87	7.909091	21.45455	460.2975
C₇	71	6.454545	5.454545	29.75207
C₈	59	5.363636	-6.54545	42.84298
C₉	46	4.181818	-19.5455	382.0248
C₁₀	71	6.454545	5.454545	29.75207
C₁₁	69	6.272727	3.454545	11.93388
ΣΣE/C	-	65.54545	-	-
S=Σ(ΣE-ΣΣE)2	-	-	-	1074.727

- Conociendo la dispersión se calcula el coeficiente de concordancia de Kendall

$W = S / E^2 (C^3 - C) / 12$ y con los datos obtenidos de ese cálculo se prosigue a determinar el Chi cuadrado real $X^2 \text{ real} = E (C-1)W$ (Ver Tabla 18)

Tabla 18. Tabla para el cálculo de concordancia.

Expertos/Criterios	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	ΣE	Ep	ΔC	ΔC ²
C₁	9	9	8	8	8	9	9	60	8,57	0.94	0.89
C₂	8	9	8	9	9	9	8	60	8,57	0.95	0.89
C₃	9	9	9	9	9	8	9	62	8,86	0.97	0.95
C₄	9	8	10	9	10	9	9	64	9,14	1.01	1.01
C₅	8	10	13	12	10	9	10	72	10,29	1.13	1.28
C₆	15	10	14	16	10	12	10	87	12,4	1.38	1.87
C₇	7	10	13	12	10	9	10	71	10,14	1.12	1.25
C₈	7	9	8	8	9	10	8	59	8,43	0.93	0.86
C₉	8	6	7	7	6	5	7	46	6,57	0.72	0.52
C₁₀	10	10	11	10	10	10	10	71	10,14	1.12	1.25
C₁₁	10	10	9	10	10	10	10	69	9,86	1.08	1.18
DC	100	100	100	100	100	100	100	100	102.97	11.33	10.69
M ΣE	63.63										
W	0.1994										

χ^2	13.958
$\chi^2_{(\alpha, c-1)}$	18.31

- El Chi cuadrado calculado se compara con el obtenido de las tablas estadísticas y de esta forma se obtiene la siguiente conclusión.

Como se cumple la siguiente condición:

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

Se puede decir que existe concordancia en el trabajo de los expertos

6. Posteriormente se identifica el peso relativo de cada criterio (P) y se calcula el Índice de Aceptación (IA) de la propuesta.

Para esto se sigue el procedimiento siguiente (Ver Tabla 19).

- Conociendo el número de experto que realizan la evaluación (E) y la sumatoria de las puntuaciones de cada criterio $\sum C$ se puede calcular el peso de cada criterio (P).
- Conociendo el peso de cada criterio (P) y la calificación dada por los evaluadores (c) en una escala de 1-5 se puede calcular el valor de $P \times c$.

Para recoger la calificación dada por los expertos a cada uno de los criterios se definió un modelo el cual se expone en los anexos del trabajo. (Ver Anexo 3)

- Con el valor anterior se calcula el Índice de Aceptación del proyecto (IA).

$$IA = P \times C / 5$$

Tabla 19. Calificación de cada criterio

Criterios	Calificación (c)					P	P × c
	1	2	3	4	5		
C₁					X	0.09	0.43
C₂					X	0.09	0.43
C₃				X		0.09	0.35

C₄					X	0.10	0.46
C₅					X	0.11	0.51
C₆					X	0.13	0.62
C₇					X	0.11	0.51
C₈				X		0.08	0.34
C₉				X		0.07	0.26
C₁₀					X	0.107	0.51
C₁₁					X	0.10	0.49
Total							4.41
IA	0.882						

7. Por último se determina la probabilidad de éxito de la propuesta, para esto se ubica el Índice de Aceptación (IA) calculado anteriormente en rangos que están predefinidos ya, en dependencia de donde se ubique, será la probabilidad de éxito que tenga la propuesta.

El Índice de Aceptación calculado es 0.882

Rangos predefinido de 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

Por lo que existe alta probabilidad de éxito.

3.3.- Conclusiones

En este capítulo se evaluó el modelo de evaluación MEPDSE mediante el método multicriterio; el cual permitió analizar los criterios de cada uno de los expertos y determinar el índice de aceptación que tiene la propuesta del presente trabajo, obteniéndose concordancia en el trabajo realizado y una alta probabilidad de éxito de ser implementado en los procesos de desarrollo del SWE en la universidad.

CONCLUSIONES

A modo de conclusión se puede decir que en el presente se realizó un estudio de los principales modelos y estándares de calidad que evalúan el proceso de desarrollo del software, donde se seleccionaron un conjunto de aspectos que coinciden en todos ellos y que se incluyeron en la propuesta por su importancia.

Además se obtuvo la propuesta de un modelo de evaluación del proceso de desarrollo del SWE, la cual especifica los momentos en lo que se debe realizar la evaluación, los roles y responsabilidades de los involucrados en ella, los procesos que deben ser evaluados y los pasos que se deben seguir para la ejecución de la misma.

Finalmente se realizó la evaluación técnica de la propuesta mediante el método multicriterio, en el cual se obtuvo una alta probabilidad de éxito, de ser aplicado en proyectos productivos que desarrollen SWE, lo que implica desde el punto de vista teórico, el cumplimiento de la idea a defender planteada.

RECOMENDACIONES

A modo general los objetivos trazados al inicio del trabajo han sido logrados, pero al mismo tiempo, a lo **largo** del proceso de desarrollo, ha quedado claro que la propuesta es sólo la primera fase de una investigación que puede ser mucho más ambiciosa. Por tanto se hacen las siguientes recomendaciones:

- Especificar las características que deben cumplir las actividades que se realizan en los subprocesos para obtener una calificación de (Bien, Regular y Mal).
- Adaptar el modelo de evaluación MEPDSE a las especificidades de cada uno de los tipos de SWE existentes.
- Trabajar más en la selección de las métricas con el objetivo de que éstas se adapten a las condiciones y características de cada proyecto permitiendo así una medición más exacta

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLIANCE, B. S. *Fuerte crecimiento del mercado del software.* , 2007. [2007]. Disponible en: <http://www.bsa.org/espana/press/newsreleases/BSA-destaca-el-fuerte-crecimiento-del-mercado-del-software-europeo-pero-advierte-sobre-nuevos-riesgos-y-amenazas-potenciales.cfm>
- AMESCUA, A. D.; J. LLORÉNS, *et al.* *SPICE: Un marco para la evaluación de procesos software*, Universidad Carlos III, 2000. [2007]. Disponible en: <http://www.ie.inf.uc3m.es/grupo/Investigacion/LineasInvestigacion/Articulos/spice.doc>.
- CALVO-MANZANO; S. FELIU, *et al.* *CMMI: Mitos y Realidades*, 2006. [2007]. Disponible en: http://www.aemes.org/conferencias/VII_ConfAEMES/pdf/04_CMMI_%20Mitos_Realidades.pdf
- CUBAMINREX. *La informatización en Cuba*, 2007. [2007]. Disponible en: http://www.cubaminrex.cu/Sociedad_Informacion/Cuba_SI/Informatizacion.htm
- CUKIER, J. J. *Evaluaciones CMMI (Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement)*, 2006. [2007]. Disponible en: <http://www.ieee.org.ar/downloads/2006-cukier-cmmi-scampi.pdf>
- CUMBICOS, F.; L. C. MACAS, *et al.* *MOSCA*, 2006. [2007]. Disponible en: <http://www.spinec.org/?p=75>
- DAPENA, P. R.; J. A. NOCELO, *et al.* *¿Cuál es la madurez que necesitarían los procesos para el desarrollo de sistemas de software crítico?: Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software*, 2005. 1: 14.
- DÍAZ-ANTÓN; P. M., *et al.* *Instrumento de evaluación de software educativo bajo un enfoque sistémico* 2006. [2007]. Disponible en: <http://www.sectormatematica.cl/pedagogia/27%20evaluacion.pdf>
- ESCOBAR, C. J. P. *Capability Maturity Model Integration, CMMI*, 2006. [2007]. Disponible en: <http://www.avantare.com/articulos/anteriores/CMMI.pdf>
- FARFÁN, L. K. V. M. *Glosario de comunicación*, 1997. [2007]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos16/diccionario-comunicacion/diccionario-comunicacion.shtml>
- FEIJOO, M. G. D. D. *Propuesta de una Metodología de desarrollo y evaluación de Software Educativo bajo un enfoque de calidad sistémica.*, Universidad Simón Bolívar, 2002. p.
- GONZÁLEZ, P. H.; M. L. PANTOJA, *et al.* *Marco de Evaluación CMMI-SW (por etapas)*, 2005. [2007]. Disponible en: <http://alarcos.inf-cr.uclm.es/doc/calidad/Trabajos/CMMI%20por%20etapas%202.pdf>

- GRACIA, J. *CMM - CMMI*, 2005. [2007]. Disponible en: <http://www.ingenierosoftware.com/calidad/cmm-cmmi.php>
- GRAELLS., P. M. *Evaluación y selección de software educativo*, 2002. [2007]. Disponible en: <http://www.tecnoneet.org/docs/2002/62002.pdf>
- GRIMÁN, A.; L. MENDOZA, et al. *Hacia una certificación de la calidad sistémica en los sistemas de software en Venezuela*, 2004. [2007]. Disponible en: <http://ares.unimet.edu.ve/academic/revista/anales4.2/documentos/griman.pdf>
- HERNANE, B. D. B. P. *Análisis experimental de los criterios de evaluación de usabilidad de aplicaciones multimedia en entornos de educación y formación a distancia* Ciencias Informáticas, Universidad Politécnica de Catalunya, 2002. p.
- JACOBSON. *Applying UML in The Unified Process*, 1998. [15 marzo]. Disponible en: <http://www.rational.com/uml>
- LEÓN, L. D. G.; I. O. M. F. CARRASCO, et al. *Un enfoque actual sobre la calidad del software*, 1995. [2007]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94351995000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- MARQUÉS, P. *El software educativo*, 2005. [2007]. Disponible en: http://www.lmi.ub.es/te/any96/marques_software
- MARTÍNEZ, R. D. *Lineamientos mínimos de calidad*, 2007. [2007]. Disponible en: <http://10.128.21.32:8081/calidad/exepediente-del-proyecto/Lineamientos%20minimos%20de%20calidad%20%28Ver%205.3%29.pdf>
- MENDOZA, L. E.; M. PÉREZ, et al. *Algoritmo para la Evaluación de la Calidad Sistémica del Software*, Laboratorio de Investigación en Sistemas de Información (LISI), 2002. [2007]. Disponible en: http://www.lisi.usb.ve/publicaciones/02%20calidad%20sistemica/calidad_21.pdf
- MENDOZA, L. E.; M. A. PÉREZ, et al. *Prototipo de Modelo Sistémico de Calidad (MOSCA) del Software*. *Computación y Sistemas*. Caracas, Universidad Simón Bolívar, 2004. 8: 196-217.
- MINED., D. N. D. S. E. *Evaluación de software educativo*, 2006. [2007]. Disponible en: <http://www.insted.rimed.cu/documentos/Evaluación%20de%20software%20educativo.pdf>
- PALACIO, J. *Introducción a ISO/IEC 15504*, 2006. [2007]. Disponible en: http://qualitatis.org/files/1/intro_15504.pdf.
- PÉREZ, C. L. *Modelo de Madurez de la Capacidad del Software*, 2005. [2007]. Disponible en: http://www.cii-murcia.es/informas/ene05/articulos/Modelo_de_Madurez_de_la_Capacidad_del_Software.html

- PÉREZ, M.; G. DÍAZ-ANTÓN, *et al.* *Calidad Sistémica del Software Educativo*, Universidad Simón Bolívar, 2003. [2007]. Disponible en: <http://www.ucv.ve/edutec/Ponencias/60.doc>
- PÉREZ, Y. M. *Propuesta del proceso para el desarrollo de proyectos de Software Educativo en la Universidad de las Ciencias Informáticas*. Ciudad de la Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas, 2007. p.
- PRESSMAN, R. S. *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico*. V. Mc Graw-Hill, 2002. p.
- QUALITATIS. *Métodos de evaluación SCAMPI B y C*, 2006. [2007]. Disponible en: http://www.qualitatis.org/files/1/scampi_b_c.pdf
- RINCÓN, G.; M. PÉREZ, *et al.* *Modelos de calidad (MOSCA) para evaluar software de simulación de eventos discretos.*, 2003. [2007]. Disponible en: http://www.lisi.usb.ve/publicaciones/02%20calidad%20sistemica/calidad_12.pdf
- ROMÁN, I. R.; M. R. CARREIRA, *et al.* *Los Modelos Dinámicos y la Ingeniería del Software*, 1998. [2007]. Disponible en: <http://www.sc.ehu.es/jiwdocoj/remis/docs/modelos.html>
- SAGRARIO, A. *Mejora de procesos: La evolución natural*, 2002. [2007]. Disponible en: <http://www.als-es.com/recursos/articulos/mejora-procesos-cmmi.pdf>
- SCALONE, L. F. *Estudio comparativo de los modelos y estándares de calidad de software.*: Facultad Regional. Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional, 2006. p.
- SEI. *Capability Maturity Model Integration (CMMISM), Version 1.1*, Carnegie Mellon University, 2002. 2007.
- . *Standard CMMISM Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI), Version 1.1: Method Definition Document*, Carnegie Mellon Software Engineering Institute, 2001.
- SPICE-PROJECT-ORGANIZATION. *ISI/IEC 15504 Modelo de evaluación del proceso* 1998.
- TABOADA, G. *Establecer estrategias de implementación de un proceso de mejora continua utilizando modelos de calidad.*, 2007. [2007]. Disponible en: https://www.palermo.edu/Intranet/ingenieria/contenidos_minimos_informatica2007.html#
- UNIT. *ISO 9000* 2007. [2007]. Disponible en: http://www.unit.org.uy/iso9000/version_2000.php
- VELTHUIS, D. M. P. *Evaluación y Mejora de los Procesos*, 2006. [2007]. Disponible en: http://alarcos.inf-cr.uclm.es/doc/calidad/capitulo08.ppt#352,52,Slide_52
- VILLA, I. M. D. L.; L. M. RUIZ, *et al.* *Modelos de Evaluación y Mejora de Procesos: Análisis Comparativo* 2004. [2007]. Disponible en: <http://ftp.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-120/paper4.pdf>

VILLENA, A. M.; A. J. M. MARTÍN, *et al.* *Modelos de Calidad del Software Gestión de Proyectos 05/06*, 2005. [2007]. Disponible en: [http://www.lcc.uma.es/~guzman/gp/docs/22_MAY MAN 2.pdf](http://www.lcc.uma.es/~guzman/gp/docs/22_MAY_MAN_2.pdf)

WIKIPEDIA. *CMMI*, 2007. [2007]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/CMMI>

BIBLIOGRAFÍA

- GÓMEZ, E. A. *La calidad como herramienta de mejora en organizaciones de desarrollo de Software*, 2006. [2007]. Disponible en: http://www.ingeniusteam.com/index.aspx?pag=texto_noticia.aspx?ref=78
- BAÉZ, M. M. J. P. *Control de Calidad en los Sistemas*, 2000. [2007]. Disponible en: <http://sistemas.dgsca.unam.mx/publica/pdf/Control%20de%20Calidad.PDF>
- PÉREZ, M.; L. E. MENDOZA, et al. *Modelo para estimación de la calidad de un Web Service*, 2004. [2007]. Disponible en: http://www.lisi.usb.ve/publicaciones/02%20calidad%20sistemica/calidad_43.pdf
- PÉREZ; M. A., et al. *Modelo Sistémico de Calidad (MOSCA)*, 2005. [2007]. Disponible en: <http://www.lisi.usb.ve/publicaciones/02%20calidad%20sistemica/MOSCA-MCT.pdf>
- WIKIPEDIA. *ISO/IEC 15504*, 2007c. [2007]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/ISO/IEC_15504#Dimensiones
- GARCÍA, M. M. G. *Introducción a los documentos y arquitectura de SPICE*, 1999. [2007]. Disponible en: <http://hp.fciencias.unam.mx/~ho/SPICE/spice3/sld027.htm>
- ROMERO, P. *Formulación y gestión de proyectos de desarrollo*, 2005. [2007]. Disponible en: <http://www.mailxmail.com/curso/empresa/gestionproyectos/capitulo38.htm>
- FERNÁNDEZ, A. G.; S. M. MORA, et al. *Calidad de los sistemas de información. Marco de evaluación de la madurez de las PYMES basado en CMMI continuo*, 2006. [2006]. Disponible en: <http://alarcos.inf-cr.uclm.es/doc/calidad/Trabajos/CMMI%20Continuo.pdf>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Atributos: Características propias de un producto o servicio.

Automatización: Sistema de producción en el que se usan máquinas en lugar de mano de obra.

Bitácora: Es donde se apunta cronológicamente los incidentes de la producción.

Componente: Agrupación de elementos que hace parte de un subsistema.

Diseño visual: Tratamiento gráfico de los elementos de la interfaz.

Documentación: La Documentación es un proceso de preparación de la información disponible sobre un hecho que se está investigando. Hace que esta información esté dispuesta o asequible para examinar y analizar los hechos, las variables o los datos en general.

Entidad: Existencia no necesariamente material o animada

Fase: Periodo de tiempo entre dos hitos principales de un proceso de desarrollo.

Gestión de configuración: Es el proceso de identificar y definir los elementos en el sistema, controlando el cambio de estos elementos a lo largo de su ciclo de vida, registrando y reportando el estado de los elementos y las solicitudes de cambio, y verificando que los elementos estén completos y que sean los correctos.

Herramientas: Software que se utiliza para automatizar las actividades definidas en el proceso.

Ingeniería del software: Aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable al desarrollo, operación y mantenimiento del software.

Método: La implementación de una operación.

Metodologías: Son un conjunto de procedimientos, técnicas y ayudas a la documentación para el desarrollo de productos software.

Métrica: Mediciones para el software que se pueden aplicar al proceso de desarrollo con el intento de mejorarlo sobre una base continua. Se utilizan para la estimación, el control de la calidad, la evaluación de productividad y el control de proyectos. Ayuda a evaluar la calidad de los resultados de trabajos técnicos y en la toma de decisiones tácticas a medida que el proyecto evoluciona.

Nivel de capacidad: Mide la capacidad de los procesos.

Nivel de madurez: Grado de perfeccionamiento alcanzado por una organización.

plan de mitigación:

Puntos de chequeo: Momentos del proceso de desarrollo en el que se realiza la evaluación.

Producto: Resultado concreto, observable y medible que surge como consecuencia del proceso, proyecto o experiencia desarrollada.

Proveedores: Compañías e individuos que proporcionan los recursos necesarios para que la compañía y sus competidores produzcan bienes y servicios.

Proyecto: Es el conjunto de operaciones limitadas en el tiempo, de las cuales resulta un producto final

Requisitos del software: Son las funciones, servicios y restricciones operativas del sistema.

Requisitos funcionales: son aquellos que describen lo que debe hacer el sistema.

Requisitos no funcionales: es son aquellos que describen las facilidades que debe proporcionar el sistema.

Respositorio: Servidor o dispositivo donde encontramos almacenados los programas que incluye una distribución.

Software: Se refiere a los programas y datos almacenados en un ordenador.

Usuario: Persona que utiliza o trabaja con algún objeto o que es destinataria de algún servicio público o privado, empresarial o profesional.

Versión: Actualización de un producto informático.

ANEXOS

Anexo 1.- Modelo para la recogida de información referente al peso de los criterios.

Guía para informar el peso de los criterios.

Fecha de recepción...00/00/00.....

Fecha de entrega....00/00/00.....

Nombre y Apellidos del evaluador.....

Le otorgará un peso a cada criterio de acuerdo a su opinión y el peso total de cada grupo debe sumar:

Grupo No.1..... 20

Grupo No.2..... 35

Grupo no.3..... 20

Grupo No.4.....25

Para que el peso total asignado sea 100.

Grupo No 1: Criterios de mérito científico.

1. Valor científico de la propuesta.

Peso.....

2. Calidad de la investigación.

Peso.....

3. Contribución científica.

Peso.....

4. Responsabilidad científica y profesionalidad del investigador.

Peso.....

Grupo No 2: Criterios de implantación

5. Necesidad de empleo de la propuesta.

Peso.....

6. Obtención de productos finales con calidad.

Peso.....

7. Posibilidades de aplicación.

Peso.....

Grupo No 3: Criterios de flexibilidad.

8. Adaptabilidad a proyectos productivos de SWE independientemente del tipo de SWE que utilicen.

Peso.....

9. Capacidad del modelo de evaluación para la admisión de cambios que impliquen mejoras.

Peso.....

Grupo No 4. Criterios de impacto.

10. Repercusión en los proyectos productivos que evalúan SWE.

Peso.....

11. Organización en el proceso de desarrollo del SWE.

Peso.....

Anexo 2.- Modelo para la recogida de información referente a la calificación de los criterios.

Fecha de recepción...00/00/00.....

Fecha de entrega.... 00/00/00.....

Nombre y Apellidos del Evaluador.....

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

Grupo No 1: Criterios de mérito científico.

12. Valor científico de la propuesta.

Evaluación.....

13. Calidad de la investigación.

Evaluación.....

14. Contribución científica.

Evaluación.....

15. Responsabilidad científica y profesionalidad del investigador.

Evaluación.....

Grupo No 2: Criterios de implantación

16. Necesidad de empleo de la propuesta.

Evaluación.....

17. Obtención de productos finales con calidad.

Evaluación.....

18. Posibilidades de aplicación.

Evaluación.....

Grupo No 3: Criterios de flexibilidad.

19. Adaptabilidad a proyectos productivos de SWEs independientemente del tipo de SWE que utilicen.

Evaluación.....

20. Capacidad del modelo de evaluación para la admisión de cambios que impliquen mejoras.

Evaluación.....

Grupo No 4. Criterios de impacto.

21. Repercusión en los proyectos productivos que evalúan SWE.

Evaluación.....

22. Organización en el proceso de desarrollo del SWE.

Evaluación.....

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 experto para mejorar la calidad del proyecto

Elementos críticos que deben mejorarse.