



Universidad de las Ciencias Informáticas
Facultad 4

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

**ESTRATEGIA PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD
DEL PROCESO Y EL PRODUCTO DE LA COLECCIÓN EL
NAVEGANTE.**

Autora: Deolinda Videau Guzmán
Tutora: Ing. Ana Margarita Rojas Riverón
Co-Tutora: Ing. Katia Pardo Duarte

La Habana
22 de Junio del 2011
“Año 53 de la Revolución”

Declaración de autoría

Declaro ser autora del trabajo de diploma titulado Estrategia para el aseguramiento de la calidad del proceso y el producto de la colección “El Navegante”, y otorgo a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma.

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

Deolinda Videau Guzmán

Firma del Autor

Ana Margarita Rojas Riverón

Firma del Tutor

Katia Pardo Duarte

Firma del Co-Tutor

“La responsabilidad nuestra es luchar porque la calidad del producto que aquí se haga sea de las mejores y la mejor posible...”

Ernesto “Che” Guevara



AGRADECIMIENTOS

No puedo dejar de mencionar en un momento tan especial y deseado de mi vida a los protagonistas de que este sueño se haya realizado.

Existen momentos en nuestras vidas en los que nos encontramos con personas que de una manera u otra, y en ocasiones sin darnos cuenta dejan una huella en nuestros corazones. Existen otras que te acompañan toda la vida llorando, riendo y sobre todo brindándote ese apoyo tan necesario cuando te propones realizar un gran sueño. A todos ustedes llegue mi agradecimiento:

A toda mi familia en especial a mi mamá por darme la vida, por su apoyo incondicional, por ser mi amiga, mi confidente, por creer siempre en mí, por darme su amor en los momentos más difíciles, por animarme y mostrarme el lado bueno de las cosas.

A mi Papá por brindarme su apoyo incondicional y hacerme saber que siempre puedo contar con él.

A mis hermanas Dairina y Dayaneiris, para que algún día sigan mi ejemplo y sean universitarias.

A mis abuelos los quiero mucho. Gracias por estar al pendiente de mí.

A mis tías y tíos por brindarme todo su amor y cariño.

A mis primos y primas que se que están muy orgullosos de mí.

A Yoandrys por ayudar tanto a mi mamá en todo momento.

A mis vecinas por ser parte de mi familia.

A mi novio Yassel por su confianza, apoyo, comprensión y dedicación.

Por soportarme en esta etapa tan difícil, por ser tan bueno y atento conmigo, por mimarme, por aguantar mis majaderías y hacerme sentir la mujer más querida sobre la tierra.

A sus padres y a toda su familia por acogerme como un miembro más de la misma.

A mis tutoras por alentarme y apoyarme en esta etapa tan difícil.

Agradecimientos

A todas las personas que he conocido durante estos cinco años que quieren lo mejor para mí, que me han ayudado y que hicieron y hacen de mi paso por la universidad una experiencia inolvidable.

En fin a todo el que de una forma u otra se preocupa por mi futuro y bienestar, muchísimas gracias.

Deolinda.

DEDICATORIA

Le dedico todo mi esfuerzo y empeño en la realización de este trabajo a: mis padres, por ser mi razón y motivo de vivir. Por ser los protagonistas de esta etapa tan importante en mi vida. Los quiero mucho.

RESUMEN

La calidad del software es un tema que debe tratarse de manera muy específica en cada proyecto, teniendo en cuenta sus características, entorno de desarrollo, requerimientos o funcionalidades planteadas por el cliente. En esta investigación se propone una estrategia para el aseguramiento de la calidad del proceso y el producto de la colección “El Navegante”. Es realizada por la necesidad de que este proceso dentro de la colección se realice con mayor soporte, durante todo el ciclo de desarrollo del software. Para su elaboración se realizó un estudio de los diferentes elementos que intervienen en este proceso en un proyecto, además se realizó un análisis de diferentes modelos existentes, los cuales son utilizados con el objetivo de construir mejores productos y a su vez, asegurar la calidad de los mismos. Como base para la realización de esta estrategia se selecciona el modelo CMMI, dada la integración de sus funcionalidades con las características específicas de la colección. La estrategia incluye además las etapas, artefactos de entrada y salida, así como algunos conocimientos necesarios para llevar a cabo un correcto y satisfactorio aseguramiento en la colección. La validación del resultado de la presente investigación es realizada mediante el método Delphi.

Palabras claves: aseguramiento, calidad, CMMI, estrategia.

| | |
|---|-----|
| AGRADECIMIENTOS..... | III |
| DEDICATORIA..... | VI |
| RESUMEN..... | VII |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | x |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | XI |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... | 6 |
| 1.1 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL..... | 6 |
| 1.1.1 CALIDAD..... | 6 |
| 1.1.2 CALIDAD DEL PRODUCTO SOFTWARE..... | 6 |
| 1.1.3 CONTROL DE LA CALIDAD..... | 7 |
| 1.1.4 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD..... | 10 |
| 1.1.5 ESTRATEGIA..... | 16 |
| 1.2 FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL SOFTWARE..... | 17 |
| 1.3 MODELOS, NORMAS Y ESTÁNDARES DE CALIDAD..... | 18 |
| CAPÍTULO 2. PROPUESTA DE ESTRATEGIA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PROCESO Y EL PRODUCTO DE LA COLECCIÓN “EL NAVEGANTE”..... | 22 |
| 2.1 PROPUESTA DE ESTRATEGIA PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA COLECCIÓN “EL NAVEGANTE”..... | 26 |
| 2.1.1 PASO 1: DEFINIR LA METODOLOGÍA A UTILIZAR..... | 26 |
| 2.1.2 PASO 2: REESTRUCTURAR Y CAPACITAR EL EQUIPO DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD..... | 27 |
| 2.1.3 PASO 3: SELECCIONAR ESTÁNDARES DE CALIDAD A SER APLICADOS Y POLÍTICAS DE CALIDAD QUE NORMEN LA PRODUCCIÓN DE LA COLECCIÓN “EL NAVEGANTE”..... | 28 |
| 2.1.4 PASO 4: DEFINIR ARTEFACTOS A UTILIZAR EN LA COLECCIÓN..... | 31 |

| | |
|---|----|
| 2.1.5 PASO 5: ACTUALIZAR EL PLAN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EXISTENTE..... | 32 |
| 2.1.6 PASO 6: ESPECIFICAR ARTEFACTOS Y ENTREGABLES A EVALUAR | 33 |
| 2.1.7 PASO 7: DESARROLLAR ACCIONES CORRECTIVAS PARA ELIMINAR LAS CAUSAS DE LAS NO CONFORMIDADES DETECTADAS..... | 36 |
| CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DE LA ESTRATEGIA PROPUESTA..... | 38 |
| 3.1 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPERTOS A UTILIZAR | 38 |
| 3.1.1 SMIC PROB-EXPERT (IMPACTOS CRUZADOS PROBABILISTAS)..... | 38 |
| 3.1.2 MÉTODO DE LA EXTRAPOLACIÓN..... | 39 |
| 3.1.3 MODELO CASUAL | 40 |
| 3.1.4 MÉTODO DELPHI | 41 |
| 3.2 APLICACIÓN DEL MÉTODO SELECCIONADO | 44 |
| 3.3 SELECCIÓN DE LOS EXPERTOS | 44 |
| 3.4 ELABORACIÓN DEL CUESTIONARIO..... | 49 |
| 3.5 ESTABLECIMIENTO DE LA CONCORDANCIA DE LOS EXPERTOS | 50 |
| 3.6 DESARROLLO PRÁCTICO Y EXPLOTACIÓN DE RESULTADOS | 53 |
| 3.7 RESULTADO DE LA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA PRESENTADA | 55 |
| CONCLUSIONES GENERALES | 60 |
| RECOMENDACIONES..... | 61 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 62 |
| GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES | 64 |

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Nombre del software y asignaturas..... 2

Figura 3 Aseguramiento de la calidad..... 10

Figura 4 Factores de calidad..... 17

Figura 5 Niveles de Madurez del Modelo CMMI..... 22

Figura 6 Relación de PPQA con las restantes AP..... 24

Figura 7 Objetivo de los estándares de calidad..... 29

Figura 8 Revisiones Técnicas Formales 35

Figura 9 Encuesta de autovaloración..... 46

Figura 10 Gráfica de la pregunta 1..... 55

Figura 11 Gráfica de la pregunta 2..... 56

Figura 12 Gráfica de la pregunta 3..... 56

Figura 13 Gráfica de la pregunta 4..... 57

Figura 14 Gráfica de la pregunta 5..... 57

Figura 15 Gráfica de la pregunta 6..... 58

Figura 16 Gráfica de la pregunta 7..... 58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla de Tareas y Responsabilidades 32

Tabla 2 Plantilla de Pruebas 33

Tabla 3 Tabla de Escalas 47

Tabla 4 Tabla del coeficiente de competencias..... 47

Tabla 5 Tabla de Expertos 48

Tabla 6 Tabla de concordancia de los criterios de expertos..... 51

Tabla 7 Tabla de Frecuencia Absoluta Acumulada 53

Tabla 8 Tabla de Frecuencias Relativas Acumuladas..... 53

Tabla 9 Tabla Resumen..... 54

Tabla 10 Tabla de Categoría de los rangos de los puntos de corte..... 54

INTRODUCCIÓN

La calidad del software es una preocupación cada vez mayor en el ámbito de las tecnologías de la información (TI). Actualmente, el grado de satisfacción hacia el uso de un producto, puede marcar una gran diferencia en el mercado. Con este aumento de la producción de software, la competencia se hace cada vez más fuerte, motivando la toma de medidas que garanticen que los productos tengan mayor calidad.

Los grupos de desarrollo de software, desde sus inicios, han presentado serias dificultades en lo que a calidad se refiere, dado por diversas razones: no se le dedican los recursos ni la atención necesaria y se detectan los errores cuando ya el producto está terminado. La calidad en la ingeniería del software, (que depende en gran medida de la habilidad del equipo que lo desarrolla), se define como un conjunto de características o cualidades, tales como: eficiencia, fiabilidad, usabilidad, funcionalidad, mantenibilidad y portabilidad, variando la importancia de cada una de ellas de un producto a otro. Dicho de otra manera, es el cumplimiento de los requisitos establecidos por parte del producto software desarrollado, así como durante el proceso de desarrollo.

A nivel mundial se han ido buscando alternativas y ha tomado auge el interés por el aseguramiento de la calidad del software, por lo que se han diseñado, metodologías y herramientas de apoyo para la aplicación de diferentes técnicas de aseguramiento de la calidad, basándose en las normas y estándares establecidos por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO).

Cuba, inmersa en un proceso de informatización de la sociedad, ha optado por insertarse en el mercado del software. La Industria Cubana del Software (ICSW), tiene la ardua tarea, de lograr que los productos desarrollados en el país, cumplan con las normas y estándares internacionales de calidad, tarea en la que se encuentran enfrascadas todas las instituciones vinculadas al desarrollo de software, entre las que se destacan, la Empresa Nacional de Software (DESOFT), con sedes en todas las provincias del país y la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), como su principal exponente, surgida en septiembre del 2002, por iniciativa de nuestro Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz. La UCI es una Universidad donde se desarrollan productos y soluciones tecnológicas integrales. Tiene como una de sus principales misiones producir software y servicios informáticos, lo cual se realiza a partir de la vinculación estudio-trabajo, como modelo de formación, y desempeña un papel

fundamental, en el desarrollo de la ICSW, así como en la creación de los proyectos vinculados a la informatización de la sociedad, lo cual requiere un correcto aseguramiento y control de los mismos.

Algunos de los software producidos en la universidad son de tipo educativo; denominados software educativos, son programas didácticos, creados para facilitar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Uno de los proyectos que se dedica a la creación de software educativo en la UCI, es “Colecciones de Software Educativo Multisaber y El Navegante” en la facultad 4, con el objetivo de migrar ambas colecciones a software libre, el mismo surge en diciembre del año 2009 como resultado de la X Convención Mixta Cuba-Venezuela, que consiste en el desarrollo de 24 productos basados en las colecciones educativas, “Multisaber” cuenta con 14 de ellos para la enseñanza primaria, y “El Navegante” cuenta con 10 para la enseñanza secundaria, ambas colecciones usadas actualmente en las escuelas cubanas. El software educativo que compone “El Navegante” aborda varias asignaturas, los nombres se muestran en la figura 1.

| Título del software | Asignaturas | 7mo | 8vo | 9no |
|-----------------------------------|--------------------------------------|-----|-----|-----|
| Elementos matemáticos | Matemática | X | X | X |
| El fabuloso mundo de las palabras | Literatura y Español | X | X | X |
| La naturaleza y el hombre | Geografía, Biología, Física, Química | X | X | X |
| Rainbow | Inglés | X | X | X |
| Informática Básica | Informática Básica | X | X | |
| Encuentro con el pasado | Historia Antigua y Medieval | X | | |
| EduArte | Educación Artística | X | | |
| GeoClío | Historia Moderna y Contemporánea | | X | |
| Por los senderos de mi patria | Historia de Cuba y Arte cubano | | | X |
| Aprende construyendo | Educación Laboral y Dibujo Básico | | | X |

Figura 1 Nombre del software y asignaturas

Los productos que integran la colección “El Navegante” están estructurados didácticamente en 6 módulos básicos (registro, maestro, temas, mediateca, ejercicios y juegos), según la concepción ideada por especialistas del Ministerio de Educación de Cuba.

Ambas colecciones cuentan con características similares: finalidad, la cual consiste en que los materiales elaborados en las colecciones sean para uso didáctico; utilizan el ordenador, como soporte en el que los alumnos realizan las actividades que ellos proponen; son interactivos, ya que contestan inmediatamente las acciones de los estudiantes y permiten un diálogo y un intercambio de informaciones entre el ordenador y éstos; individualizan el trabajo, se adaptan al ritmo de trabajo de cada estudiante y pueden adaptar sus actividades según las actuaciones de los alumnos; son fáciles de usar, debido a que los conocimientos informáticos necesarios para utilizar la mayoría de estos programas son mínimos, aun cuando cada programa tiene reglas de funcionamiento que es necesario conocer.

Debido a la semejanza de ambas colecciones, tiende a existir similitud en cuanto a las actividades a realizar durante el proceso de desarrollo, a pesar de crear software con contenidos diferentes.

Por ser la colección “Multisaber” la primera en desarrollarse actúa como guía para la colección “El Navegante”, hecho significativo, debido al gran número de no conformidades presentada por la misma durante el proceso de liberación de sus productos por los laboratorios Industriales de Productos de Software en Calisoft (LIPS), de las cuales un 50% tributan al producto final y un 80% al proceso de desarrollo del mismo (información brindada por LIPS a la dirección del proyecto), dadas mayormente por una serie de insuficiencias, entre las que se destacan:

- ✓ La falta de supervisión durante el proceso de desarrollo.
- ✓ El control indebido durante el proceso de confección del software.
- ✓ La poca actualización de la documentación, así como del expediente del proyecto.
- ✓ Las medidas insuficientes, las cuales no son tomadas en tiempo de desarrollo, para mitigar no conformidades, que influyen en su eliminación, siendo detectadas con posterioridad en el proceso de liberación.
- ✓ Las escasas revisiones realizadas al final de cada fase.

Las irregularidades expuestas, provocan limitaciones en el aseguramiento de la calidad de los procesos y productos que se desarrollan en la colección, así como la toma de medidas insuficientes durante el desarrollo de este en la misma; trayendo como consecuencia atraso en la entrega del producto final y usuarios insatisfechos. El hecho de que ambas colecciones presenten características similares y cuenten con el mismo equipo de desarrollo, trae

implícito que presenten las mismas deficiencias, durante el proceso de desarrollo de software.

Para garantizar la calidad de la colección “El Navegante”, y evitar que presente las deficiencias anteriormente planteadas, se concibe la necesidad de realizar un conjunto de actividades planificadas y sistemáticas dentro de la colección, que aseguren la calidad del proceso y del producto final, con el fin de elevar la exportación, los servicios informáticos y aportar la confianza que la misma requiere. La situación descrita hasta el momento conduce a plantear el siguiente **problema de la investigación**: ¿Cómo lograr el Aseguramiento de la Calidad del proceso y el producto de la colección “El Navegante”?

Para dar solución al problema planteado, se propone como **objetivo general**, definir una estrategia para el aseguramiento de la calidad del proceso y el producto de la colección “El Navegante”.

El **objeto de estudio** de la investigación, se enmarca en los procesos de aseguramiento de la calidad del software y el **campo de acción** se enfoca en el proceso de aseguramiento de la calidad del software en la colección “El Navegante”.

Objetivos específicos:

- ✓ Analizar el estado del arte referente al aseguramiento de la calidad del software.
- ✓ Realizar una propuesta que garantice la calidad de los procesos y productos de la colección “El Navegante”.
- ✓ Validar la estrategia propuesta.

Con vista a darle cumplimiento al objetivo planteado se han definido las siguientes tareas investigativas:

- ✓ Investigación sobre el proceso de aseguramiento de la calidad del software.
- ✓ Análisis de la situación de los procesos llevados a cabo durante el desarrollo del software, en la colección “Multisaber”.
- ✓ Análisis del estado del arte referente al aseguramiento de la calidad del software.
- ✓ Utilización de la tecnología de Ingeniería de Software eficiente, considerando métodos de desarrollo y herramientas relacionados con el aseguramiento de la calidad.
- ✓ Diseño de una propuesta de estrategia que garantice la calidad del proceso y producto de la colección “El Navegante”.

- ✓ Análisis de métodos generales de prospectiva como posibles opciones para validar la propuesta.
- ✓ Selección de un método de prospectiva para validar la propuesta.
- ✓ Aplicación del método de prospectiva seleccionado a la estrategia propuesta para validar su factibilidad de utilización.

Idea a defender: Con la concepción y ejecución de una estrategia para el aseguramiento de la calidad del proceso y el producto de la colección “El Navegante”, se contribuye a perfeccionar el proceso de desarrollo de software de la colección, además de obtener una mayor experiencia y organización en la ejecución del mismo, garantizando de esta manera que los productos cuenten con mayor calidad.

La investigación consta de tres capítulos, que incluyen todo lo relacionado con el tema investigativo, definidos y estructurados de forma organizada para un buen entendimiento del lector.

En el **Capítulo I** Fundamentación Teórica: Se hace un estudio del tema de investigación, profundizando en las principales actividades del aseguramiento de la calidad del proceso de desarrollo de un software. Se abordan las definiciones asociadas a la calidad de software. Se analizan modelos, estándares y normas que hacen posible la calidad del proceso de producción, logrando la obtención del buen producto.

En el **Capítulo 2** Propuesta de Estrategia de aseguramiento de la calidad: Se realiza una propuesta que favorezca el aseguramiento de calidad de la colección, la cual se utilizará como guía durante el proceso de desarrollo del software.

En el **Capítulo 3** Evaluación de la Propuesta planteada: Se realiza la evaluación de la propuesta mediante el Método Delphi. Se obtiene una valoración para definir la aplicación de la misma.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el presente capítulo se hace un estudio del estado del arte del objeto de investigación. Se profundiza en las principales actividades de aseguramiento de la calidad a realizar durante el proceso de desarrollo de un software. Se abordan las definiciones asociadas a la calidad de software, así como los modelos, estándares y normas que hacen posible la calidad del proceso de producción.

1.1 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

1.1.1 CALIDAD

La garantía de la calidad es fundamental dentro de cualquier empresa o proyecto, debido a la necesidad de que todo lo que se realice en los mismos se haga con la mayor eficacia posible.

Luego de analizar la definición de calidad de varios autores e instituciones se coincide con las normas: ISO 8402 la cual define la calidad como el conjunto de características de una entidad, que le confieren la actitud para satisfacer las necesidades establecidas y las implícitas. ISO 9000:2000 que la define como el grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos establecidos (1).

A partir del análisis realizado **se define** para la presente investigación **calidad**: como la vinculación de las particularidades de una entidad, proceso o producto, que permitan cumplir con las exigencias necesarias. Debido a ser la calidad el elemento que da credibilidad y garantía a todo lo que se realice dentro de cualquier empresa o proyecto.

1.1.2 CALIDAD DEL PRODUCTO SOFTWARE

El concepto de calidad en los productos software debe formularse de forma particular, debido a las características diferenciadoras que presenta el mismo con respecto a otros productos. Algunas de estas características son: el software se desarrolla, no se fabrica en el sentido clásico; es inmaterial y no se deteriora con el uso o el tiempo (aunque tiene un ciclo de vida). Características que hacen del producto software algo particular.

Coincidiendo con CMMI, en que la calidad de un producto o de un sistema es en su mayor parte consecuencia de la calidad de los procesos empleados en su desarrollo y mantenimiento (2) y con la IEEE de que la calidad del software es el grado con que un

sistema, componente o proceso cumple con los requerimientos especificados y las necesidades o expectativas del cliente o usuario (3).

Se **define** para esta investigación la **calidad del software** como un elemento fundamental que reduce las inconsistencias e incrementa los beneficios de cualquier proceso o producto. Además de ser una característica que está presente durante todo el ciclo de vida.

1.1.3 CONTROL DE LA CALIDAD

Para la obtención de la calidad, y en este caso de la calidad del software, es fundamental la realización de las actividades de control.

A raíz del análisis realizado se coincide con Pressman (1998), cuando define el control de la calidad como el conjunto de técnicas operativas y actividades utilizadas para cumplir con las demandas o requisitos de la calidad. Logrando la satisfacción total del cliente externo e interno mediante el análisis de los procesos de la empresa (4).

Además de coincidir con Lovelle (1999), cuando plantea que el control de la calidad “...son las técnicas y actividades de carácter operativo, utilizadas para satisfacer los requisitos relativos a la calidad, centradas en dos objetivos fundamentales: mantener bajo control un proceso y eliminar las causas de los defectos en las diferentes fases del ciclo de vida. En general son las actividades para evaluar la calidad de los productos desarrollados” (5).

Para la presente investigación el control de la calidad tiene la misión de guiar al proyecto hacia el cumplimiento de las necesidades del cliente, o usuario final.

No se debe abordar el concepto que se analiza sin antes analizar el proceso de aseguramiento de la calidad, el cual lleva implícito como actividad fundamental, el control de la calidad.

Dentro de sus objetivos fundamentales se encuentran, mantener un proceso bajo constante control, logrando que se eliminen los defectos y las causas de estos en las diferentes fases, (por las que pasa el software), de forma tal, que se logren cada vez mejores resultados, tanto económicos como de tiempo, realizando la identificación de problemas y el análisis de los mismos para su posterior corrección.

Actividades del control de calidad

El objetivo de las actividades de control de calidad es comprobar si un producto posee o no, una determinada característica de calidad en el grado requerido.

Estas actividades se clasifican en dos categorías: controles estáticos y controles dinámicos. Los primeros analizan el objeto sin necesidad de ejecutarlo mientras que los segundos requieren la ejecución del objeto que está siendo probado (6).

Controles Dinámicos:

- Pruebas de Caja blanca: En este tipo de métodos, el objeto que se desea probar se ve como una caja blanca. Esto quiere decir que la elección de los casos de prueba se va a basar en el conocimiento que se tenga acerca de la estructura del objeto (diseño detallado, diagramas de flujo de datos y de control, código fuente).
- Pruebas de Caja Negra: En este tipo de métodos, el objeto que se desea probar se ve como una caja negra. Esto quiere decir que la elección de los casos de prueba no se va a basar en el conocimiento que se tenga acerca de la estructura del objeto, sino en el conocimiento acerca de la funcionalidad deseada (descripción funcional).

Controles Estáticos:

- Manuales.
 - Informales.
 - Comprobación de escritorio.
 - Revisión por pares.
 - Disciplinados.
 - Auditorías.
 - Revisiones
- Automáticos.
 - Análisis estático automático.
 - Compiladores.
 - Análisis de flujo.
 - Verificación formal.

Para realizar un control de la calidad con éxito, es aconsejable realizar auditorías y revisiones al proceso y al producto a desarrollar, ya que brinda la información real del avance de los mismos. Para ello es necesaria la aplicación de técnicas que apoyen este proceso.

Técnicas para apoyar el control de la calidad

Existen diversas técnicas (herramientas) que se pueden aplicar para apoyar, o alcanzar un mayor control de la calidad. Las 7 primeras son las herramientas bases para el desarrollo de este proceso:

- ✓ Hoja de control (hoja de recogida de datos): También llamada de registro, sirve para reunir y clasificar las informaciones según determinadas categorías, mediante la anotación y registro de sus frecuencias bajo la forma de datos.
- ✓ Histograma: Es básicamente la presentación de una serie de medidas clasificadas y ordenadas, es necesario colocar las medidas de manera que formen filas y columnas.
- ✓ Diagrama de Pareto: Es una herramienta que se utiliza para priorizar los problemas o las causas que los genera.
- ✓ Diagrama de causa-efecto: Sirve para solventar problemas de calidad y actualmente es ampliamente utilizado alrededor de todo el mundo.
- ✓ Estratificación (análisis por estratificación): Es lo que clasifica la información recopilada sobre una característica de calidad. Toda la información debe ser estratificada de acuerdo a operadores individuales en máquinas específicas y así sucesivamente, con el objeto de asegurarse de los factores asumidos.
- ✓ Diagrama de scatter (Diagrama de dispersión): Es el estudio de dos variables, tales como la velocidad del piñón y las dimensiones de una parte o la concentración y la gravedad específica, a esto se le llama diagrama de dispersión.
- ✓ Gráfica de control: Muestra si un proceso está bajo control o no y define los límites de capacidad del sistema (7).
- ✓ SPC: *Statistical Process Control*, CEP: Control Estadístico de Procesos: Es un conjunto de herramientas estadísticas que permiten recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones encaminadas a la mejora de los mismos.
- ✓ Redmine: Es una herramienta de gestión de proyectos software con interface web. Una vez instalada, el administrador de calidad da de alta los proyectos a través de la interface web, pueden dar de alta además los jefes de proyecto.

Esta última es de gran importancia para medir y darle seguimiento a las actividades realizadas en el proyecto con respecto al control de la calidad. En cuanto a gestión de usuarios, el control es basado en roles y permite el auto registro de los mismos, genera información en base a calendarios y diagramas GANT (8).

Todas las actividades explicadas anteriormente en su conjunto, conllevan a la certificación final del producto, además de ser actividades fundamentales dentro del proceso de aseguramiento de la calidad.

1.1.4 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Luego del análisis realizado y coincidiendo con lo que plantea PMBOK¹ sobre el proceso de aseguramiento de la calidad, definiéndola como el conjunto de actividades planificadas y sistemáticas necesarias para proporcionar la confianza suficiente de que un producto o servicio satisfaga los requisitos de calidad (9) y con la IEEE cuando la define como “un patrón planificado y sistemático de todas las acciones necesarias para proveer confianza adecuada de que un componente o producto cumple con los requerimientos técnicos establecidos” (3).

Para la presente investigación se **define** el proceso de **aseguramiento de la calidad** como el conjunto de actividades necesarias para verificar, planificar, controlar y asegurar la calidad del software.

Conjunto sistemático de procedimientos, herramientas y métodos necesarios para asegurar la calidad del software.



Figura 2 Aseguramiento de la calidad

¹ *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos.*

El proceso de aseguramiento de la calidad como los demás procesos, lleva implícito un conjunto de actividades, algunas de las que más se destacan en este proceso, se analizan a continuación.

Actividades relacionadas con el aseguramiento de la calidad

Luego de un análisis de la literatura consultada, se coincide con Roger S. Pressman, cuando recomienda realizar un conjunto de actividades para lograr un correcto aseguramiento de la calidad, refiriéndose al:

- ✓ El establecimiento del plan de calidad del proyecto: Se realiza en las primeras etapas del proyecto y es un documento que planifica y rige todas las actividades de aseguramiento de la calidad así como la forma de aplicación en el proyecto.
- ✓ La participación en el desarrollo de la descripción del proceso de software del proyecto: Es tarea del equipo de aseguramiento de la calidad la revisión del proceso que se lleva a cabo en el proyecto vigilando que se ajuste a las políticas y los estándares internos del software.
- ✓ La revisión de las actividades de ingeniería del software para verificar su ajuste al proceso de software definido: El grupo de aseguramiento de la calidad identifica, documenta y sigue la pista de las desviaciones desde el proceso y verifica que se han hecho las correcciones.
- ✓ Auditoría de los productos de software designados para verificar el ajuste con los definidos como parte del proceso del software: El grupo de aseguramiento de la calidad revisa los productos seleccionados; identifica, documenta y sigue la pista de las desviaciones; verifica que se han hecho las correcciones, e informa periódicamente de los resultados de su trabajo al gestor del proyecto.
- ✓ Asegurar la documentación de los productos de software: Documentar debidamente toda actividad que se realice en el proyecto, es una práctica importante que se debe seguir para obtener un producto de calidad. El equipo de aseguramiento de la calidad, está encargado de desarrollar una estrategia, para la revisión de la documentación que se genera.
- ✓ Registrar los desajustes en concordancia con los requisitos: Consiste en darle seguimiento a estos errores, hasta que sean resueltos (4).

Además de coincidir con CMMI, cuando propone las siguientes actividades relacionadas con el aseguramiento del producto y el proceso, como:

- ✓ Elaborar objetivamente los procesos.
- ✓ Evaluar objetivamente los artefactos y servicios.
- ✓ Comunicar y asegurar la resolución de las no conformidades.
- ✓ Establecer registros de calidad (2).

Con la realización de estas actividades se logra un compromiso y una mejora en cuanto al aseguramiento de la calidad en el proyecto.

Categorización de las Actividades

Las actividades anteriormente planteadas, se categorizan en:

- ✓ **Software:** Donde se recogen tanto pruebas de verificación, como de validación, y que suponen una de las más populares estrategias de gestión del riesgo. Usadas para comprobar que los documentos de diseño del software, el propio software y la documentación, cumplen con todos los requisitos. El plan de pruebas recoge y clasifica todas las pruebas del software, manteniendo la trazabilidad entre las mismas y los requisitos que cubre.
- ✓ **Control de la calidad:** Consiste en los procesos y procedimientos empleados para monitorizar el trabajo realizado. Se centra en la revisión y subsanación de defectos antes de realizar las entregas al cliente. Típicamente, consiste en revisiones de documentos, inspecciones de código y comprobaciones previas, a cualquier entrega al usuario. Los criterios de control suelen adaptarse para cada proyecto, en el plan de calidad del proyecto software, haciendo al cliente partícipe del mismo, para establecer los criterios que mejor respondan a sus necesidades.
- ✓ **Gestión de configuración del software:** Relacionado con el etiquetado de los elementos de los proyectos software, y el seguimiento y el control de cambios, que permite monitorizar la evolución de dichos elementos y sus interrelaciones a lo largo del ciclo de vida del producto (10).

Para definir las actividades correspondientes al aseguramiento de la calidad del software se hace un estudio de aquellas que proponen algunos estándares, modelos, normas y autores como las más utilizadas y las de mayor resultado a nivel internacional.

Beneficios del Aseguramiento de la Calidad

Se obtienen muchos y variados beneficios como resultado de aplicar el proceso de aseguramiento de calidad, algunos de los más significativos son:

- ✓ La detección de problemas rápidamente: Es posible identificar problemas en tempranas etapas del desarrollo de productos de software, ayudando al desarrollador a corregirlos inmediatamente y poder avanzar con más rapidez.
- ✓ Se siguen estándares de trabajo con apoyo del proceso de aseguramiento de calidad: Se pueden establecer estándares tan diversos como son los de codificación o de documentación, los cuales apoyan a uniformizar y consolidar el proceso de desarrollo.
- ✓ Se verifica que los objetivos individuales vayan acordes con los objetivos de la organización: Se busca y se recomienda que los requerimientos expuestos por usuarios finales estén alineados con los objetivos globales de la empresa, facilitando así el logro de los mismos y la integración total de los usuarios a la organización.
- ✓ Se recomiendan métodos para realizar el trabajo: Como las prácticas de aseguramiento de calidad, debido a su forma robusta, ya que aplican técnicas muy completas de medición; proponen qué métodos se ajustan más a la naturaleza del producto a ser desarrollado, teniendo como efecto final que el producto tenga más posibilidades de ser un producto con calidad.
- ✓ Se evita incurrir en costos innecesarios: Como un efecto generalizado de algunos de los puntos mencionados con anterioridad, la práctica de procesos de aseguramiento de calidad, lleva a las organizaciones a evitar costos no deseados como pueden ser, todos aquellos ocasionados por mantenimiento correctivo.
- ✓ Se planea la calidad: Está claro que el concepto de calidad, no es algo que se da de una manera automática e impredeciblemente (11).

Para asegurar la calidad del proceso y del producto software, de la colección “El Navegante”, es necesario controlar la calidad en cada una de las etapas de desarrollo. Estas etapas se constituyen, como el ciclo de la calidad, debido a la interdependencia y retroalimentación que existe en cada una de ellas. Para ello se cuenta con un equipo de aseguramiento de la calidad en el proyecto, donde sus funciones están dirigidas a:

- ✓ Identificar las posibles desviaciones en los estándares aplicados, así como en los requisitos y procedimientos especificados.
- ✓ Comprobar el seguimiento y control de la aplicación de las medidas preventivas o correctivas necesarias.

- ✓ Realizar revisiones al proceso y al producto. Lo cual es una de las actividades más importantes del aseguramiento de la calidad, debido a que permite eliminar defectos lo más pronto posible, cuando son menos costosos de corregir.

A modo de resumen, dentro del proceso de aseguramiento de la calidad, las actividades relacionadas con el control de la calidad, son fundamentales, ya que permiten la detección anticipada de errores, evitan la propagación a los restantes procesos de desarrollo y reducen substancialmente el esfuerzo invertido en los mismos (11).

Resumen y actualidad del aseguramiento de la calidad

Las organizaciones en la actualidad, se encuentran en una situación donde deben idear estrategias que las pongan en ventaja con sus competidores, y las TI son herramientas usualmente escogidas con este propósito.

Las siguientes razones ponen en evidencia lo anteriormente planteado:

- ✓ La naturaleza crítica de algunas tareas realizadas por las computadoras: En la actualidad, se está dando una creciente dependencia de los sistemas computacionales, donde alguna falla puede implicar en catástrofes personales. Ejemplo: (sistemas de control aéreo, en los aeropuertos) y económicas (sistemas transaccionales en los bancos).
- ✓ El crecimiento de los costos de desarrollo de productos de software: Los costos causados por mantenimiento de software son cada vez mayores, por lo que se vuelve indispensable evitar errores desde la definición de requerimientos (12).

Sin embargo, pese a que se conoce la necesidad de producir software de calidad, la cultura actual de la calidad enseña que en las organizaciones los administradores empiezan a involucrarse en los procesos de desarrollo de la tecnología de la información una vez que se han incurrido en costos de mantenimiento, ya sean ocasionados por un mal diseño, o por no satisfacer los requerimientos correctamente (12).

La calidad en el desarrollo y mantenimiento del software, se ha convertido hoy en día en uno de los principales objetivos estratégicos de las organizaciones desarrolladoras de software, debido a que cada vez más, los procesos principales de las organizaciones dependen básicamente de los sistemas de información.

En Cuba

La industria cubana del software (ICSW) está llamada a convertirse en una significativa fuente de ingresos para el país, como resultado del correcto aprovechamiento de las ventajas del alto capital humano disponible. La promoción de esta industria en el ámbito internacional ha tenido como línea estratégica aprovechar la enorme credibilidad que tiene Cuba en sectores tales como la salud, la educación y el deporte.

A pesar de ello, los resultados alcanzados no cubren las expectativas, ya que la productividad es baja, la cantidad real de recursos a consumir en tiempo principalmente es casi impredecible y el trabajo realizado casi nunca tiene la calidad y profesionalidad requerida. Los proyectos están excesivamente tarde y los beneficios que pudieran obtenerse al utilizar los mejores métodos e instrumentos en las distintas etapas, no se detectan en este medio indisciplinado y caótico de desarrollo.

Además, en las empresas productoras de software cubanas, no se han aplicado procesos de certificación ni tampoco de auto evaluación que permitan valorar el estado de la organización en cuanto a la madurez de sus procesos (13).

Actualmente opera el Comité Técnico CTN 18, "Tecnología de la Información". Producto de su acción, han ocurrido avances en la definición de las características de la calidad al nivel del producto (14), aunque para lograr un alto nivel de gestión de la calidad en las empresas es necesario que estas tengan como objetivo lograr una mayor calidad y eficiencia y no solo ser certificadas.

Es por ello que, para la obtención de productos y procesos con altos niveles de calidad y lograr el aseguramiento de los mismos, la ICSW establece la necesidad de utilizar metodologías o procedimientos, estándares para el análisis, diseño, programación y pruebas de software que permitan uniformar la filosofía de trabajo. Todo lo anterior, en aras de alcanzar una mayor confiabilidad, mantenibilidad y facilidad de prueba, a la vez que se eleve la productividad; tanto para la labor de desarrollo como para el control de la calidad del software.

En la UCI

La UCI se ha convertido en muy poco tiempo en centro de referencia para la ICSW, apoyada fundamentalmente por la definición de calidad de Pressman (15). Impulsando a la misma a la obtención de altos niveles de concordancia de los requisitos funcionales y de rendimiento.

Para obtener mayores niveles de calidad tanto en los procesos como en los productos desarrollados en la universidad, se trabaja en la estandarización de los procesos de desarrollo de software y en la documentación que se generan.

Actualmente, no existe una homogeneidad en la documentación que se construye por parte de los proyectos, lo que dificulta la retroalimentación que pudiera obtenerse de la misma, así como su reutilización por parte de otros proyectos. Esto se evidencia específicamente en el ámbito del aseguramiento de la calidad, cuando la mayoría de los proyectos cuentan con su propia estrategia de aseguramiento de la calidad, las cuales priorizan los temas más importantes para dicho proyecto, dejando en ocasiones temas importantes dentro de este ámbito sin asegurar por no ser de su interés. Lo cual evidencia la falta de homogeneidad y la no utilización de un modelo, o patrón que rijan este tema en la UCI.

Se realizan estudios y se prepara al personal, para la aplicación de modelos en sus proyectos productivos, a través del proceso de mejora, el cual está encaminado, a que la universidad alcance una certificación internacional del nivel 2 del modelo CMMI, hecho que la convertiría, en la primera empresa cubana certificada con este modelo.

Para lograr un nivel elevado de calidad en los productos que se desarrollan, es necesario contar con una estrategia que guíe el proceso de desarrollo de los mismos.

1.1.5 ESTRATEGIA

Las estrategias están presentes en la vida cotidiana, se toman en las empresas, en la educación, en la vida militar. En específico, para la presente investigación, la definición de estrategia necesaria, es la que se vincula con el proceso de producción de software, el cual tiene sus peculiaridades. La literatura consultada al respecto es abundante, por ejemplo, CMMI define estrategia como un plan o una meta a seguir que se puede aplicar a diferentes disciplinas y/o situaciones, analizando todas sus variantes para lograr un objetivo concreto de la forma más eficiente posible, o el conjunto de acciones lógicas organizadas con un objetivo o meta específica. Una estrategia se caracteriza, no solo por la representación detallada de una secuencia de acciones, sino también por una particular cualidad de dichas acciones (16).

Así como Kontz (1991), plantea que “Las estrategias son programas generales de acción que llevan consigo compromisos de énfasis y recursos para poner en práctica una misión básica. Son patrones de objetivos, los cuales se han concebido e iniciado de tal manera, con el propósito de darle a la organización una dirección unificada” (17).

Coincidiendo con lo expresado anteriormente y luego de un análisis de la bibliografía consultada, se **define** para la presente investigación el término estrategia como un modelo a seguir para alcanzar el objetivo final de la forma más eficiente posible.

1.2 FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL SOFTWARE

Entiéndase por factores, los componentes y elementos que en la presente investigación determinarán la calidad del software, según se muestra en la siguiente figura:



Figura 3 Factores de calidad

Coincidiendo con el modelo de McCall, el cual define que para que la revisión adquiera calidad, es necesario centrarse en tres aspectos fundamentales en un producto software:

- Operaciones del producto: características operativas.
 - ✓ Corrección (¿Hace lo que se le pide?). El grado en que una aplicación satisface sus especificaciones y consigue los objetivos encomendados por el cliente.
 - ✓ Fiabilidad (¿Lo hace de forma fiable todo el tiempo?). El grado que se puede esperar que una aplicación lleve a cabo las operaciones especificadas y con la precisión requerida.
 - ✓ Eficiencia (¿Qué recursos hardware y software necesita?). La cantidad de recursos hardware y software que necesita una aplicación para realizar las operaciones con los tiempos de respuesta adecuados.
 - ✓ Integridad (¿Puede controlar su uso?). El grado con que puede controlarse el acceso al software o a los datos a personal no autorizado.

- ✓ Facilidad de uso (¿Es fácil y cómodo de manejar?). El esfuerzo requerido para aprender el manejo de una aplicación, trabajar con ella, introducir datos y conseguir resultados.
- Modificación o revisión del producto: capacidad para soportar cambios.
 - ✓ Facilidad de mantenimiento (¿Puede localizar los fallos?). El esfuerzo requerido para localizar y reparar errores.
 - ✓ Flexibilidad (¿Puede añadir nuevas opciones?). El esfuerzo requerido para modificar una aplicación en funcionamiento.
 - ✓ Facilidad de prueba (¿Puede probar todas las opciones?). El esfuerzo requerido para probar una aplicación de forma que cumpla con lo especificado en los requisitos.
- Adaptación o transición del producto: adaptabilidad a nuevos entornos.
 - ✓ Portabilidad (¿Podrá usarlo en otra máquina?). El esfuerzo requerido para transferir la aplicación a otro hardware o sistema operativo.
 - ✓ Reusabilidad (¿Podrá utilizar alguna parte del software en otra aplicación?). Grado en que partes de una aplicación pueden utilizarse en otras aplicaciones.
 - ✓ Interoperabilidad (¿Podrá comunicarse con otras aplicaciones o sistemas informáticos?). El esfuerzo necesario para comunicar la aplicación con otras aplicaciones o sistemas informáticos (18).

Estos aspectos deben ser ajustados a cada caso particular, aplicables a cualquier proyecto de desarrollo de software, permitiendo la orientación y organización del trabajo dentro y fuera del proyecto. Para ello es necesaria la existencia de normas, estándares y modelos de calidad que guíen a estos proyectos de desarrollo.

1.3 MODELOS, NORMAS Y ESTÁNDARES DE CALIDAD

Los modelos de calidad, son documentos que integran una gran parte de las buenas prácticas y son concebidos con el fin de integrar las que son dirigidas a procesos claves tales como: el proceso de aseguramiento de la calidad. Son utilizados con el objetivo de construir mejores productos y a su vez, asegurar la calidad de los mismos. Los modelos de calidad son los que te dicen que hacer en la obtención de un software, por lo que se han desarrollado varios para diferentes productos y procesos (18).

Una norma de calidad, es un documento, establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido (nacional o internacional), que proporciona para un uso común y repetido, una serie de reglas, directrices o características para las actividades de calidad o sus resultados, con el fin de conseguir un grado óptimo de orden en el contexto de la calidad (18).

Dentro de las normas estudiadas en esta investigación se encuentra la generación de las normas ISO 9000, las cuales constituyen una serie y son editadas y revisadas de forma periódica por la ISO, están relacionadas con la administración y el aseguramiento de la calidad. La ISO 9001 fue escrita con el objetivo de ser utilizada por todo tipo de industrias, pero su interpretación no es fácil en cuanto al desarrollo de software. Por tal motivo se publicó la ISO 9000-3 "Guía para la aplicación de ISO 9001 para el desarrollo, implementación y mantenimiento de software" (19).

Los estándares de calidad, son normas y protocolos que deben cumplir determinados productos para su distribución y consumo por el cliente final. Suministran los medios para que los procesos se realicen de la misma forma, convirtiéndose en guía para lograr la productividad y la calidad del software. En ellos la calidad se convierte en algo concreto, que se puede definir, medir y planificar. Un ejemplo de ello son los estándares de la ISO y la IEEE, relacionados con la calidad (20).

Modelos de calidad:

- ✓ Modelo de Boehm: Modelo de descomposición de características de calidad del software en tres niveles antes de aplicar las métricas: usos principales, componentes intermedios y componentes primitivos.
- ✓ Modelo factores/criterios/métricas: Similar a Boehm, en el que se ha introducido mayor grado de descomposición en cada nivel.
- ✓ Modelo ISO 9126: Denominado evaluación de productos software, características de calidad y guías para su uso, donde la calidad se descompone en seis factores.
- ✓ Paradigma GQM (*Goal-Question-Metric*): Enfoque de medición para evaluar la calidad del software basado en la identificación de objetivos a lograr.
- ✓ Modelo de Gilb: Creación de una especificación de requisitos de calidad para cada proyecto que deben escribir conjuntamente el usuario y el analista.

- ✓ *Capability Maturity Model Integration (CMMI)*: Es un modelo para la mejora o evaluación de los procesos de desarrollo y mantenimiento de sistemas y productos de software.
- ✓ *Team Software Process (TSP)*: Permite calificar el proceso de desarrollo que se lleva a cabo en los equipos de trabajo o desarrolladores.
- ✓ *Personal Software Process (PSP)*: Certifica a un individuo o desarrollador en el nivel de madurez de su proceso de desarrollo.
- ✓ *Modelo SPICE (Software Process Improvement and Capability Determination)*: Modelo de valoración de la arquitectura que define los procesos y prácticas aconsejables (18) (21).

Por CMMI ser un modelo de mejora de procesos que muestra la madurez de una organización y basarse en la capacidad de sus procesos, en la facilidad de adaptación y en su clasificación por modelos de madurez, es que se decide utilizar como base para el desarrollo de la presente propuesta de estrategia en la colección “El Navegante”. Tiene la ventaja de brindarle a cualquier organización y por ende a la colección “El Navegante”, una mayor organización y mejora en el desarrollo de los procesos, al estar estructurado por áreas de procesos, se agrupan en cuatro categorías: Gestión de Proyectos; Soporte; Gestión de Procesos, y de Ingeniería.

Este modelo de calidad se puede implantar mediante dos representaciones, la continua y la escalonada, según las necesidades del proyecto se decide implantar la representación escalonada, siendo la diferencia entre éstas la evaluación por los niveles de capacidad de procesos o de la madurez de la organización, respectivamente (22).

Conclusiones

En el desarrollo de este capítulo, se ha realizado un análisis general de la calidad del software, específicamente todo lo relacionado con el aseguramiento de la calidad, a través del estudio de su estado del arte. Se dejaron reflejadas las actividades relacionadas con este proceso, así como las herramientas fundamentales dentro del mismo. Se abordaron los diferentes modelos, normas y estándares relacionados con el aseguramiento de la calidad, evidenciándose la superioridad del modelo CMMI con respecto a los demás modelos estudiados, debido a su integración entre tecnología, personas y procesos; permitiendo así una mayor organización en los procesos de desarrollados en la colección “El Navegante”.

Toda esta investigación reafirma, que el aseguramiento de la calidad es un factor primario para la obtención de un producto software con calidad, el cual responda a los requisitos, tanto del cliente como del producto, cumpliendo las necesidades y expectativas del usuario final.

CAPÍTULO 2. PROPUESTA DE ESTRATEGIA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL PROCESO Y EL PRODUCTO DE LA COLECCIÓN “EL NAVEGANTE”

El modelo CMMI define cinco niveles de madurez dentro de los cuales cuentan en su interior con una gran organización. Un nivel de madurez representa un indicador evolutivo que permite alcanzar la madurez del proceso a desarrollar. Estos niveles pretenden alcanzar objetivos de acuerdo con la capacidad del proceso y a las características de la colección, los cuales una vez cumplidos, permitirán evolucionar al siguiente nivel. Estos niveles son los que se muestran en la figura 5:

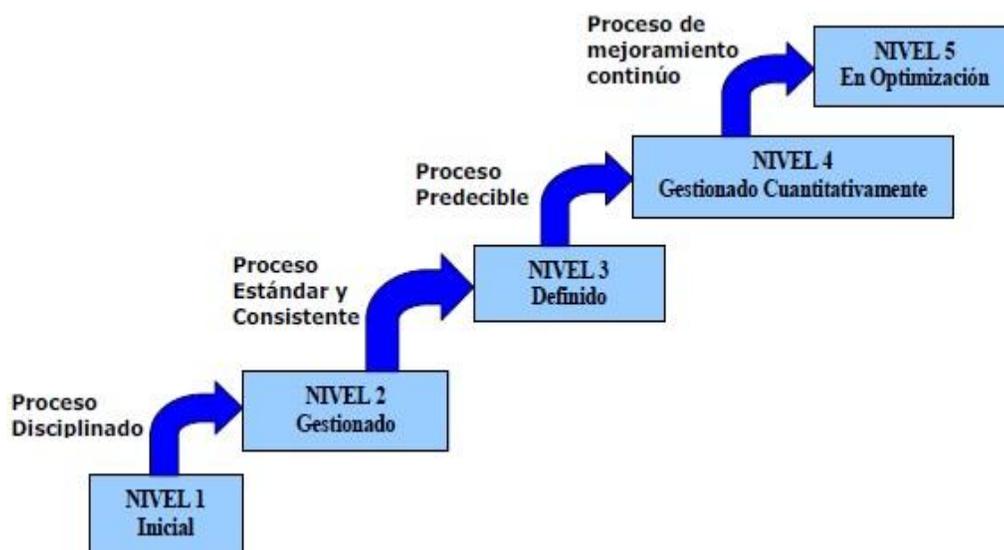


Figura 4 Niveles de Madurez del Modelo CMMI

El nivel 1 es donde se encuentran todas las empresas que no tienen procesos definidos, se les dificulta entregar el proyecto en fechas, no realizan un adecuado control sobre el estado del proyecto, donde el desarrollo del proyecto es nebuloso, no sabes exactamente que sucede en cada fase, ni cómo va el mismo (22).

Para alcanzar una mejora en el proceso de desarrollo y mayor organización en la colección es necesario avanzar hasta el nivel 2. Es el más difícil de alcanzar, porque requiere que se cambie la forma de trabajar de la colección, lo cual implica un cambio cultural dentro de la misma. Por este motivo es necesario un fuerte apoyo de la dirección del proyecto para afrontar estos cambios.

El objetivo de este nivel es conseguir que en la colección haya una gestión de los requisitos y que los procesos (formas de hacer las cosas) estén planeados, ejecutados, medidos y controlados, lo cual permite mediante el uso de los procesos que la forma de trabajar de la colección se mantenga aún cuando existan problemas de fechas.

Cuando se realizan estas prácticas, la colección se ejecuta y se gestiona de acuerdo con los planes del proyecto. Permite mantener que el estado de los elementos de trabajo (análisis, diseño, código, documentación) estén visibles (estado de avance) a la gerencia en puntos definidos (hitos del proyecto). Se sabe cuánto trabajo está hecho y cuánto queda por hacer. Revisar los compromisos adquiridos con todas las personas involucradas en el proyecto de acuerdo a las necesidades. Los elementos de trabajo se revisan con las personas involucradas y son controlados. Estos elementos de trabajo satisfacen las especificaciones, estándares y objetivos de la colección.

Estas ideas se materializan a través de las siguientes áreas de proceso:

- ✓ Administración de Requisitos (REQM), cuyo objetivo es gestionar los requisitos de los elementos de la colección y sus componentes e identificar inconsistencias entre estos requisitos, el plan de proyecto y los elementos de trabajo.
- ✓ Planificación de Proyectos (PP), su objetivo es establecer y mantener planes que definen las actividades a realizar por la colección.
- ✓ Monitorización y Control de proyectos (PMC), su objetivo dentro de la colección es proporcionar una comprensión del estado de la misma para que se puedan tomar acciones correctivas cuando la ejecución de proyecto se desvíe del plan.
- ✓ Medición y Análisis (MA), su objetivo es desarrollar y sostener una capacidad de medición que sea usada para ayudar a las necesidades de información de la gerencia.
- ✓ Gestión de la Configuración (CM), su objetivo es establecer y mantener la integridad de los elementos de trabajo identificando, controlando y auditando dichos elementos.

- ✓ Administración de acuerdo con Proveedores (SAM), su objetivo es que se entienda la necesidad de un proceso de Administración de Acuerdos con Proveedores. Donde el acuerdo puede ser un contrato, una licencia o un acuerdo a nivel de servicio.
- ✓ Aseguramiento de la Calidad (PPQA), el objetivo de esta Área de Proceso (AP) es proporcionar personas y gestión con el objetivo de que los procesos y los elementos de trabajo cumplan con los procesos (22).

PPQA, apoya el desarrollo de procesos y productos de alta calidad, provee al personal involucrado un nivel apropiado de transparencia sobre estos, los cuales se mantienen asociados en todo el ciclo de vida de la colección. Siendo el área de proceso clave dentro de la aplicación del modelo, debido a que su trabajo engloba las actividades de las restantes AP, integrando y evaluando la ejecución de los procesos en las mismas, contribuyendo a la obtención de un producto software con calidad por consecuencia del proceso empleado en su desarrollo y mantenimiento.

Debido a la importancia de la misma y a la necesidad de su aplicación en la colección “El Navegante” para la implantación del modelo CMMI, se escoge como base para la realización de la propuesta.

La vinculación de esta AP con las restantes se evidencia en la siguiente figura:



Figura 5 Relación de PPQA con las restantes AP

¿Cómo aplicar esta AP en la colección “El navegante”, dada las características del mismo?

Para lograr aplicar el AP de Aseguramiento de la Calidad en la colección “El Navegante” y cumplir con lo propuesto por CMMI, es necesario plantearse una estrategia, la cual apoyará el cumplimiento de los objetivos de la misma, estará basada en las 4 actividades generales propuestas por CMMI, estas son:

- **Planear PPQA:** Parte de la necesidad de que quede reflejado en el calendario del proyecto, todas las actividades a realizar por el grupo de QA. Se definen la cantidad de revisiones que se van a realizar y en qué momento. Se propone que la planeación dentro de la colección se realice trimestralmente, para de esta manera mantener actualizado el calendario de la misma.
- **Seguimiento/Escalonamiento de no conformidades:** Representa las actividades necesarias para realizar el seguimiento de las no conformidades mientras queden abiertas, es decir, sin resolver en el registro de evaluaciones del Proyecto. Es necesario garantizar la solución de todas las no conformidades o escalar u otorgar un permiso de no conformidades en los casos que lo requiera.
- **Análisis de Resultado:** Se ejecuta a todo lo largo del proceso de aseguramientos de la calidad. Consiste en el análisis de resultado de las evaluaciones que se efectuaron en la etapa. Los resultados del análisis se publican en el Reporte de PPQA.
- **Evaluar la adherencia de proceso y productos:** Se realizan las actividades necesarias para evaluar la adherencia al proceso y el producto de la colección. Se definió por la colección realizar revisiones al final de cada fase, principalmente al final de la fase de implementación, debido a que es una de las etapas fundamentales en el desarrollo del producto. Donde al final de las revisiones, junto al resultado de las evaluaciones, se obtendrán no conformidades, las cuales se mantendrán bajo seguimiento o escalonamiento hasta que sean resueltas.

La propuesta de estrategia de aseguramiento de la calidad, constituirá una guía a seguir por la colección “El Navegante” en todo el proceso de desarrollo del software, atendiendo a los principales procesos a realizar para alcanzar un producto final con calidad dentro de la colección (22).

2.1 PROPUESTA DE ESTRATEGIA PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA COLECCIÓN “EL NAVEGANTE”

La estrategia está conformada por los siguientes pasos, los cuales tienen incluido una serie de actividades:

1. Definir la metodología a utilizar.
2. Reestructurar y capacitar el equipo de aseguramiento de la calidad, el cual será el responsable de asegurar la calidad en la colección.
3. Seleccionar estándares de calidad a ser aplicados y lineamientos de calidad que normen la producción dentro de la colección.
4. Definir los artefactos a utilizar en la colección.
5. Actualizar el Plan de aseguramiento de la calidad existente.
6. Especificar artefactos y entregables a evaluar.
7. Desarrollar acciones correctivas para eliminar las causas de las no conformidades detectadas.

2.1.1 PASO 1: DEFINIR LA METODOLOGÍA A UTILIZAR

Para una buena realización de software se debe definir una metodología que estructure, planee y controle el proceso de desarrollo del software, para garantizar la construcción del producto en el tiempo planificado, con el coste esperado y que reúna los parámetros de calidad exigidos por el cliente. Todo desarrollo de software es riesgoso y difícil de controlar, y si no se utiliza una metodología, lo que se obtiene son clientes insatisfechos con el resultado y desarrolladores aún más insatisfechos.

Teniendo en cuenta las características, complejidad y envergadura de la colección “El Navegante”, se propone el uso de la metodología Proceso Unificado de Desarrollo (RUP), pues captura las mejores prácticas del conocimiento de líderes en ingeniería de software y proporciona al equipo de desarrollo guías, estándares y recomendaciones, para la construcción de software de alta calidad, así como un sin número de características ventajosas y necesarias para el buen desarrollo de software, elemento fundamental dentro de la colección “El Navegante”.

RUP constituye un proceso de software genérico que puede especializarse para modelar el desarrollo de una diversa variedad de sistemas, para diferentes áreas de aplicación, en distintos tipos de organizaciones y con desiguales niveles de aptitud, es un marco de

desarrollo de software dirigido por casos de uso, centrado en la arquitectura, iterativo e incremental (23).

Dentro de todas las prácticas que presenta RUP, es muy positivo para el desarrollo de software en la colección, debido a su enfoque convencional, el cual sugiere su utilización en proyectos de larga duración (mayor de 6 meses), además propone que el cliente no debe necesariamente tomar un papel activo en el desarrollo del producto. Dado las características que presenta la colección “El Navegante” y el cliente para el cual se desarrollan los productos de la misma, se escoge RUP como metodología a utilizar en dicha colección.

Todas estas características específicas de RUP, le permiten a la colección “El Navegante”, modelar todo lo relacionado con el desarrollo del software, así como una abundante documentación, permitiendo entender y mantener un mayor control durante el proceso de desarrollo del mismo.

2.1.2 PASO 2: REESTRUCTURAR Y CAPACITAR EL EQUIPO DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

▪ **Roles del equipo de aseguramiento de la calidad:** Se proponen un conjunto de roles y actividades, que ayudarán en gran medida, a detectar los elementos que atentan contra la calidad del producto final, debido a la necesidad de que cada miembro del equipo de aseguramiento de la calidad, domine las actividades establecidas según el rol para el cual sea capacitado. Los cuales han sido adaptados debido a las características de la colección:

Jefe o líder del proyecto: Es el encargado de planear las evaluaciones e incluirlas en el cronograma del proyecto, de mantener informado al coordinador de la calidad de los cambios en el cronograma, además de participar en la reunión de inicio de las evaluaciones y analizar los resultados de las evaluaciones, así como elaborar las acciones correctivas para resolver las no conformidades detectadas durante las evaluaciones (ver anexo1).

Administrador de la calidad: Es la persona que responde ante el grupo de aseguramiento de la calidad del proyecto de asegurar la calidad en el proceso de desarrollo de los productos, así como de elaborar junto al líder el plan de aseguramiento de la calidad, participar en las revisiones técnicas formales (RTF) de los artefactos, mantener actualizado el registro de evaluaciones del proyecto y monitorear el cumplimiento de las acciones correctivas y el estado de las no conformidades (ver anexo2).

Equipo de trabajo: Participa en la reunión de inicio de las evaluaciones, en el análisis de los resultados de las evaluaciones y en la elaboración del plan de acción, para resolver las

no conformidades, también participa en la reunión de cierre de las evaluaciones y resuelve las no conformidades detectadas durante las evaluaciones (ver anexo3).

Revisor Líder: Es el que organiza el equipo revisor y distribuye las tareas, realiza las evaluaciones del desempeño de los revisores y comunica los resultados al coordinador de calidad (ver anexo4).

Revisores: Participan en la reunión de inicio de las evaluaciones, así como en las evaluaciones aplicando listas de verificación, entrevistas, entre otras, además de participar en la reunión de cierre de las evaluaciones (ver anexo5).

▪ **Capacitar al equipo de aseguramiento de la calidad:** El administrador de la calidad de la colección, debe comprometerse a mantener a todo el equipo de aseguramiento de la calidad capacitado según su rol, debido a que este equipo comienza a ingresarse a una nueva forma de trabajo y mediante la capacitación se asegura el cumplimiento de sus actividades y responsabilidades. Inicialmente serán guiados por el asesor de calidad del centro y el administrador de la calidad de la colección, hasta adquirir la habilidad necesaria para desempeñar correctamente su rol.

2.1.3 PASO 3: SELECCIONAR ESTÁNDARES DE CALIDAD A SER APLICADOS Y POLÍTICAS DE CALIDAD QUE NORMEN LA PRODUCCIÓN DE LA COLECCIÓN “EL NAVEGANTE”

Seleccionar estándares de calidad a ser aplicados:

Los estándares ofrecen un conjunto de las mejores prácticas, evitando repetir errores anteriores y capturando el conocimiento de valor para la organización, son indispensables cuando muchas personas, productos y herramientas deben coexistir, promoviendo el buen uso de métodos, herramientas y permitiendo la comunicación entre los desarrolladores.



Figura 6 Objetivo de los estándares de calidad

Luego de un estudio de los estándares de las normas ISO e IEEE y dado las características de la colección, se llega a la conclusión que los estándares que aparecen a continuación son los que más aportan a la misma y por ende los propuestos a utilizar en la colección:

ISO 9000-2003: Aseguramiento de la calidad del software.

ISO 9126: Calidad del software y sus métricas.

ISO 10005-2002: Directrices para los planes de calidad.

ISO 12207: Procesos del Ciclo de Vida del Software, establece el Proceso de Gestión de Configuración como uno de los Procesos de Soporte del Ciclo de Vida.

ISO 14598: Evaluación del producto de software.

IEEE 1028-1997: Estándar para las revisiones de software.

IEEE 1044.1-1995: Guía para la Clasificación de las anomalías de software.

IEEE 730 -2002: Estándar de Planes Aseguramiento de la Calidad de Software.

IEEE 829-1998: Estándar para Documentación de prueba del software (24).

Estos estándares se dividen en dos grupos o tipos:

1. Estándares del producto: los cuales se aplican al producto a desarrollar como lo son (25):
 - Estándares de documentos: se encargan de la estructura del documento de requerimientos a producir.

- Estándares de documentación: encabezados, estándar de comentarios para una definición de clase.
- Estándares de codificación: cómo utilizar un lenguaje de programación.

Dentro de los estándares del producto se encuentran todos los estándares definidos por la IEEE a utilizar y el ISO 14598, debido a que se centran en las revisiones, clasificación de las anomalías, a la documentación de las pruebas y otras actividades relacionadas con el producto final.

2. Estándares del proceso: definen los procesos a seguir durante el desarrollo del software tales como:

- Definiciones de los procesos de especificación y análisis, diseño, validación, así como la descripción de los documentos a generar en cada uno de estos procesos.

Dentro de los estándares del proceso, se encuentran los demás estándares propuestos, debido a que se centran más al proceso de desarrollo del software, así como a todo lo que se realiza durante el ciclo de vida del mismo.

Propuestas de políticas de calidad que normen la producción de la colección “El Navegante”:

La colección se guiará por los lineamientos de calidad establecidos por la UCI y las políticas para institucionalizar un proceso administrado propuesto por Calisoft dentro del programa de mejora. Además, se propone utilizar como soporte las siguientes políticas de calidad en la colección:

1. Realizar periódicamente la evaluación de la adherencia al proceso de aseguramiento de la calidad y sus productos asociados.
2. Realizar las evaluaciones de manera objetiva a través de la utilización de listas de verificación y criterios predefinidos que permitan determinar el grado de conformidad de los procesos y productos de trabajo con las especificaciones, estándares, normas u otras reglas aplicables.
3. Identificar no conformidades, las cuales deben ser resueltas en el tiempo establecido, comunicarlas y deben de ser escaladas a otros niveles en caso de ser necesario.
4. Revisar periódicamente las actividades, el estado, los problemas y la utilidad con el

administrador de la calidad, para facilitar una visibilidad objetiva de la ejecución de los mismos.

5. Registrar los resultados de las evaluaciones en formato duro y comunicarlos a las partes interesadas.
6. Realizar periódicamente el análisis de tendencias de estos resultados (no conformidades, acciones correctivas, cumplimiento de las planificaciones, lecciones aprendidas, solicitudes de mejora, entre otras) que contribuyan a la toma de decisiones (22).

2.1.4 PASO 4: DEFINIR ARTEFACTOS A UTILIZAR EN LA COLECCIÓN

Los artefactos propuestos, deben ser tratados como base, ya que están enfocados a garantizar la calidad de las actividades que se desarrollen durante el proceso de desarrollo del software en la colección. Como parte de la estrategia se propone utilizar:

Listas de Verificación:

Recogen las características fundamentales del artefacto que se desea probar en ese momento en la colección, así como los errores encontrados, la cantidad de elementos afectados y cubrir las áreas de problemas más comunes. Su objetivo es asistir, examinando cuidadosamente todas las áreas importantes y considerando que las mejoras pueden ser planificadas. Es obligatorio para el proceso de aseguramiento de la calidad, el uso de las listas de verificación, dado la aplicación de las mismas; estas serán diseñadas acorde a las características de cada uno de los artefactos que se generen en la colección. En cada revisión planificada dentro de la colección se hará uso de las listas de verificación (ver anexo6).

El Registro de Evaluaciones:

Es el artefacto más completo que se utiliza para apoyar el proceso de aseguramiento de la calidad de la colección, debido a que es el entregable que obtiene el proyecto luego de ser evaluado, recoge los datos principales de las evaluaciones realizadas, de los participantes y además registra sus principales resultados. Este resultado incluye el número de no conformidades detectadas, el seguimiento y escalonamiento a cada una de las no conformidades según sea necesario.

La Gestión de los Registros de Calidad

A través del RedMine y el registro de evaluaciones del proyecto, ya que permiten almacenar los registros de la colección una vez que sean: creados, modificados o actualizados. Además, facilitan la organización de todos los artefactos relacionados con el aseguramiento de la calidad; así como el acceso y consulta de los mismos. El registro de evaluaciones contará con un historial de todas las revisiones realizadas a la colección y al proyecto en general, garantizando una mayor protección y seguridad de los registros de calidad; y del expediente del proyecto según lo planteado por CMMI.

2.1.5 PASO 5: ACTUALIZAR EL PLAN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EXISTENTE

Se propone el uso en la colección de una modificación de la plantilla para la creación del Plan de aseguramiento de la calidad o Plan de gestión de la calidad, propuesta por el modelo CMMI, debido a las características de la colección. La plantilla propuesta por CMMI se encuentra en los anexos. [\(Ver anexo7\)](#)

La modificación de dicha plantilla consiste en la agregación de actividades a la tabla de tareas y responsabilidades, las cuales posibilitan un mayor control de este tema en la colección. Las actividades propuestas se encuentran en negrita en la plantilla.

Tabla 1 Tabla de Tareas y Responsabilidades

| Tarea de aseguramiento de la calidad | Recondición Antes de la fase | Poscondición Al finalizar la fase | Participantes | Duración | Estado | Respon sable | Comen tario |
|--------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|
|--------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|

Estas actividades agregadas a la tabla de tareas y responsabilidades de la plantilla del plan de aseguramiento de la calidad par uso de la colección significan:

Participantes: Personal implicado en la realización de las actividades.

Duración: Tiempo empleado en la realización de la actividad.

Estado: La actividad puede estar en tiempo o en estado atrasado.

Además, se propone registrar las diversas modificaciones que se han realizado en el proyecto; documentar la información relacionada con la colección “El Navegante”; actualizar en el plan la información relacionada con la colección “Multisaber”, ya que en el mismo

solamente están reflejadas las actividades de las primeras iteraciones; tratar elementos que son importantes dentro del proceso de aseguramiento de la calidad del proyecto. Se propone que el Plan de aseguramiento de la calidad de la colección se elabore cada seis meses y refleje todo lo definido en la propuesta.

Dentro del aseguramiento de la calidad están muy relacionadas las actividades de control de la calidad, como las revisiones y las pruebas, esta última no pertenece al nivel 2 de CMMI, pero se propone utilizar en el proceso de aseguramiento de la calidad en la colección “El Navegante”, debido a su facilidad de verificar y revelar la calidad de un producto software, así como de identificar posibles fallos de implementación, calidad o utilización del software. Estas actividades de control de la calidad evalúan objetivamente el proceso y el producto que se realiza en cada fase del proyecto. Para la correcta realización de las pruebas internas en la colección y dejar registrado la realización de las mismas, se propone la siguiente plantilla:

Tabla 2 Plantilla de Pruebas

Propuesta de Plan de Pruebas:

| Número | Criterio de evaluación | de | Tipo de adherencia | de | Recomendación | Identificada por | Fecha |
|--------|------------------------|----|--------------------|----|---------------|------------------|-------|
|--------|------------------------|----|--------------------|----|---------------|------------------|-------|

Cada uno de los elementos reflejados en la plantilla de pruebas tiene una función específica en la colección. La columna Número: representa el número de la dificultad encontrada durante la realización de este proceso por el equipo de aseguramiento de la calidad de la colección; Criterio de evaluación: es la escala numérica (1-5), asignada a la dificultad encontrada según el nivel de importancia de la misma; Descripción: es el resumen que ofrece la persona que identificó dicha dificultad sobre la misma; Recomendación: tarea a desarrollar por el responsable de que exista la dificultad encontrada, para mejorar y/o eliminar la misma; Identificada por: nombre de la persona que identificó la dificultad correspondiente; Fecha: día y hora en que se identificó la dificultad correspondiente.

2.1.6 PASO 6: ESPECIFICAR ARTEFACTOS Y ENTREGABLES A EVALUAR

Para especificar los artefactos y entregables a evaluar en la colección, se tienen en cuenta los roles que intervienen, los artefactos más significativos por cada fase, las entradas, ya

sean registros, documentos o plantillas y las salidas que son esos documentos o registros llenos. Se propone que la colección cumpla con los siguientes pasos:

1. Conformar los roles involucrados en las evaluaciones y sus responsabilidades, estos son: el administrador de la calidad, es el responsable de todo lo relacionado con la calidad en la colección, además, es el encargado de mantener actualizado el registro de evaluaciones del proyecto y de monitorear el cumplimiento de las acciones correctivas y el estado de las no conformidades; el jefe del proyecto que es el encargado de planear las evaluaciones e incluirlas en el cronograma del proyecto y mantener informado a los involucrados de los cambios en el cronograma del proyecto; los revisores son los encargados de efectuar la reunión de inicio y fin de las evaluaciones, redactar el informe final de las evaluaciones y aplicar las listas de verificación.
2. Determinar según la fase cuales son los artefactos o entregables más significativos se propone que todo el equipo de aseguramiento de la calidad del proyecto esté involucrado en las evaluaciones.
3. Definir la cantidad de evaluaciones que se van a hacer y en qué momento se van a realizar.
4. Realizar las evaluaciones y al seguimiento de los elementos no conformes durante todo el proceso de desarrollo.
5. Realizar las evaluaciones internas a través de Revisiones Técnicas Formales (RTF) que consisten en: descubrir errores en la función, la lógica o la implementación de cualquier representación de software; verificar que el software bajo revisión alcanza los requisitos propuestos; garantizar que el software ha sido representado de acuerdo a varios estándares predefinidos; conseguir un software desarrollado de forma uniforme.

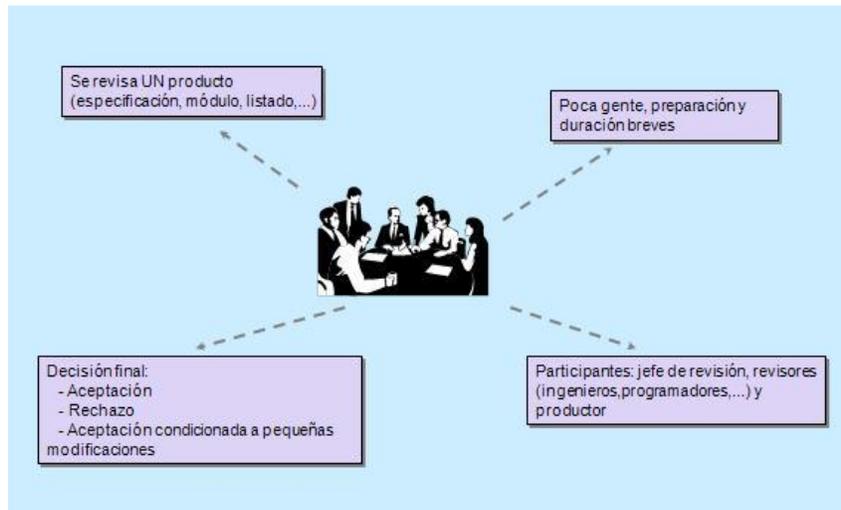


Figura 7 Revisiones Técnicas Formales

6. Realizar las RTF en la colección mediante los siguientes pasos:

- ✓ El jefe del proyecto contacta con el revisor líder que distribuye el producto entre sus revisores.
- ✓ Cada revisor, incluido el revisor líder, revisa el producto durante una o dos horas.
- ✓ A la reunión de inicio asiste el desarrollador, los revisores y el revisor líder.
- ✓ Uno de los revisores juega el papel de registrador durante las RTF.
- ✓ El desarrollador despliega su producto.
- ✓ El registrador toma nota de todos los problemas identificados en la RTF.
- ✓ Se genera un informe sumario de revisión que contiene: qué se revisó, quién lo revisó, qué se descubrió, y cuáles son las conclusiones.
- ✓ Se genera una lista de sucesos de revisión que puede adjuntarse en el informe sumario. Esta lista sirve para: identificar las áreas problemáticas dentro de un producto y se emplea como lista de comprobación de puntos de acción que guíe al desarrollador para hacer las correcciones.
- ✓ El revisor líder se encargarse del seguimiento de los cambios identificados en la lista de sucesos de revisión. Para que las revisiones cuenten con la calidad requerida el modelo de McCall, recomienda centrarse en la corrección, la eficiencia, integridad, fiabilidad, facilidad de uso del software, entre otros

aspectos importantes dentro del software. Aunque en la presente investigación se propone que las mismas se realicen según lo propuesto por CMMI.

- ✓ Aplicar Listas de verificación a los procesos y productos de trabajo a evaluar.
- ✓ Comunicar los resultados de la evaluación al administrador de la calidad de la colección.
- ✓ Realizar el seguimiento y/o escalamiento de las no conformidades detectadas, donde se efectúen las acciones correctivas para resolver las no conformidades y se monitoreen las mismas (ver anexo 8).
- ✓ Realizar al menos 2 evaluaciones en la colección al concluir cada fase, o al realizarse algún cambio significativo (22).

2.1.7 PASO 7: DESARROLLAR ACCIONES CORRECTIVAS PARA ELIMINAR LAS CAUSAS DE LAS NO CONFORMIDADES DETECTADAS

Luego de la realización de las revisiones y la identificación de las no conformidades, se propone que la colección realice acciones correctivas para eliminar las causas de las mismas. Para lo cual se definen una serie de roles dentro del equipo de aseguramiento de la calidad que intervendrán en esta actividad.

Roles que intervienen en la eliminación de las no conformidades:

Líder de proyecto.

Equipo de trabajo.

Administrador de la calidad.

Rol afectado

Entrada: Registro de evaluaciones del proyecto (ver anexo9).

Salida: Registro de evaluaciones del proyecto (Hoja de no conformidades y seguimiento).

El líder del proyecto conjuntamente con el equipo de trabajo elaboran las acciones correctivas y el administrador de la calidad se encarga de monitorear su cumplimiento, por lo que se propone que el administrador de la calidad en conjunto con el líder del proyecto, semanalmente le den seguimiento y analicen el estado de las no conformidades.

Monitorear las no conformidades:

Roles que intervienen:

Administrador de la calidad.

Rol afectado.

Entrada: Registro de Evaluaciones del proyecto.

Salida: Registro de evaluaciones del proyecto actualizado. (Hoja de seguimiento actualizado).

En caso de que no se resuelva la no conformidad en el proyecto se realiza el escalamiento de la misma, según lo establecido en el modelo. Partiendo del nivel de base (proyecto) hasta el nivel de la alta gerencia (Vicerrector de Producción), quedando de la siguiente manera:

Nivel 1: Vicerrector de Producción.

Nivel 2: Director general de la Infraestructura Productiva.

Nivel 3: Directores de las direcciones de servicio y soporte de la Infraestructura productiva y director de Calisoft.

Nivel 4: Jefes de grupos de las direcciones de servicio y soporte de la Infraestructura productiva.

Nivel 5: Jefe de Centro.

Nivel 6: Jefe de Departamento.

Una vez escalada una no conformidad a cualquier de los niveles de escalamiento, si es necesario realizar un nuevo escalamiento deberá ser al nivel inmediato superior y así sucesivamente hasta el nivel 1(22).

Conclusiones

Con el término del presente capítulo, se logra definir una estrategia para asegurar la calidad del proceso y el producto en la colección “El Navegante”, la cual posibilitará la mejora en gran medida del proceso de aseguramiento de la calidad existente en el proyecto, así como la obtención de productos con una calidad deseada.

Dicha propuesta no solo asegura la calidad del producto, sino de todo el proceso de desarrollo de la colección debido a que la estrategia comprende todo lo relacionado con el aseguramiento de la calidad, permitiendo obtener un producto software con calidad, cumpliendo además con las expectativas del usuario final.

CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DE LA ESTRATEGIA PROPUESTA

En este capítulo, inicialmente se hace un estudio relacionado con los métodos de expertos existentes, así como del método a utilizar, el cual será empleado con el objetivo de validar la propuesta de estrategia de aseguramiento de la calidad del proceso y el producto de la colección “El Navegante”, reflejada en el capítulo 2. Posteriormente se trabaja con un grupo de expertos (personas con el conocimiento necesario para determinar si el estudio realizado se aproxima a la realidad) que ayudarán, con su criterio, a validar la propuesta y dar un resultado negativo o positivo de la misma, determinando si está en condiciones de ser aplicada o no.

3.1 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPERTOS A UTILIZAR

3.1.1 SMIC PROB-EXPERT (IMPACTOS CRUZADOS PROBABILISTAS)

El objetivo de este método no es solamente el de hacer destacar los escenarios más probables, sino también el de examinar las combinaciones de hipótesis que serán excluidas según la prioridad (26) (28).

Impactos cruzados probabilistas consta de dos fases, las cuales se explican brevemente a continuación:

Fase 1: Formulación de hipótesis y elección de expertos

Una encuesta Smic tiene como base de partida cinco o seis hipótesis fundamentales y algunas hipótesis complementarias. No es fácil estudiar el futuro de un sistema complejo con un número de hipótesis tan limitado, por lo que son de gran interés los métodos del tipo del análisis estructural y reflexión acerca de la estrategia de los actores; los cuales permiten identificar mejor las variables claves.

La encuesta se realiza generalmente por vía postal; es preciso contar con 1 mes y 1/2 aproximadamente para la realización de un Smic. El número de expertos consultados debe superar 100 (los criterios de selección son los mismos que los del Delphi); lo que se les pide es:

- ✓ Evaluar la probabilidad simple de realización de una hipótesis desde una probabilidad 1 (muy débil) hasta una probabilidad 5 (acontecimiento muy probable).

- ✓ Evaluar bajo forma de probabilidad condicional la realización de una hipótesis en función de todas las demás (en este caso la nota 6 significa la independencia de las hipótesis); teniendo en cuenta todas las preguntas que el experto debe plantearse, se le exige revelar la coherencia implícita de su razonamiento.

Fase 2: Probabilización de escenarios

El programa Smic (programa clásico de minimización de una forma cuadrática con límites lineales) permite el análisis de estos grupos de expertos:

- ✓ Corrigiendo las opiniones de los expertos de forma que se obtengan resultados netos coherentes (es decir, que satisfagan las limitaciones clásicas que imponen las probabilidades).
- ✓ Afectando una probabilidad a cada una de las 2^N combinaciones posibles de las N hipótesis.

El método denominado interacciones probabilistas, constituye un progreso en relación al Delphi ya que tienen como ventaja el tener en cuenta las interacciones entre eventos. Contrariamente al método Delphi, el Smic tiene en cuenta la interdependencia entre los temas propuestos y asegura la coherencia de las respuestas. Su puesta en marcha es bastante sencilla. Su desarrollo es bastante rápido y los resultados obtenidos son por lo general de fácil interpretación.

Finalmente, es una excelente barrera defensiva intelectual que permite a menudo poner en movimiento ciertas ideas, comúnmente aceptadas, y sobre todo cerciorarse de que los escenarios estudiados cubren una parte razonable del campo de probabilidades. Por otra parte en este método la información reunida es considerable al existir tantas jerarquías de escenarios como expertos interrogados. Se plantea, por tanto, un problema de agregar las respuestas de varios expertos y existe dificultad a la hora de realizarse los cálculos probabilísticos correspondientes, por lo cual no es factible su aplicación (26) (28).

3.1.2 MÉTODO DE LA EXTRAPOLACIÓN

La extrapolación es el método más habitual de pronóstico. Se basa en suponer que el curso de los acontecimientos continuará en la misma dirección y con velocidad constante (o con una velocidad creciente o decreciente a un ritmo constante igual a una extrapolación logarítmica). La base para una extrapolación será el conocimiento sobre el reciente desarrollo del fenómeno. Se necesitan al menos dos (aunque habitualmente pueden existir

más) observaciones hechas en puntos conocidos en el tiempo. Para ello se comienza con dos o más observaciones que se hayan hecho en distintos puntos en el tiempo. Luego hay que asentarse en las diferencias entre ellas (cuantitativas o cualitativas) y añadir estas diferencias al informe de la última observación. Finalmente con estos datos se tiene el pronóstico.

La diferencia dada, podrá ser medida como valor absoluto o como progreso proporcional. La medida absoluta significa que el cambio continúa en velocidad constante. La evolución proporcional significa que el paso del cambio está aumentando o disminuyendo. Esta alternativa a veces se llama extrapolación logarítmica.

Si existen más de dos observaciones, se tiene la opción de elegir el número de observaciones sobre el que se basará la extrapolación. Si se cree que las últimas observaciones tienen mejor capacidad predictiva que las anteriores, puede que se haga caso omiso de las primeras observaciones. Una alternativa es dar más peso a las últimas observaciones que a las primeras. Si se decide usar un amplio número de observaciones, probablemente se harán los cálculos con un programa de análisis de regresión si los datos son cuantitativos.

El método de extrapolación se aplica típicamente a las variables cuantitativas. Además, la predicción muchas veces se desarrolla también en términos verbales cualitativos, para hacer más fácil que sea aprendida.

La debilidad esencial de toda extrapolación consiste en que éstas sólo se pueden atender a aquellos procesos o fuerzas que están ya interviniendo. Por lo que no es de utilidad para la validación de la presente investigación, dado que se necesita un modelo que permita la validación de lo que va a suceder en un futuro (27) (28).

3.1.3 MODELO CASUAL

El modelo casual, es el método más exacto de predicción, es un modelo que no sólo describe el desarrollo del fenómeno que se pronostica, también lo explica, es decir, enumera las razones del por qué ocurre.

En el mejor caso las razones y sus resultados se reúnen como un modelo que define la invariante dinámica de los cambios en el proceso que será predicho. El método de modelo casual puede utilizarse conveniente para el uso con los modelos cuantitativos solamente, pero puede ser aplicado al predecir en base de los modelos cualitativos que tienen potencia explicativa.

Los modelos que son disponibles para pronosticar son normalmente simplificados de modo que contengan solamente los factores más importantes que afectan el fenómeno que se desea predecir. Al lado de estos, la mayoría de los fenómenos empíricos son influidos por muchos factores con tan pequeña importancia que él desaparece entre errores o en la incertidumbre al azar de los factores cardinales. No siempre se puede contar con que las relaciones expresadas en el modelo se quedan constantes durante todo el período del pronóstico deseado. Sucede a veces que un factor que hasta este momento ha desempeñado solamente un papel marginal repentinamente ganará importancia y finalmente cambiará la dirección del desarrollo. Estos factores que parecen inicialmente poco importantes pero finalmente llegan a ser cruciales se llaman señales débiles. Para identificar esos factores se pueden intentar varios acercamientos (27) (28).

Debido a que el modelo casual suele ser tan complicado que se maneja mejor usando un ordenador, se necesita habitualmente una presentación ilustrativa del modelo para clarificar el pensamiento y finalmente presentarlo en el informe, lo cual es muy engorroso y poco factible.

3.1.4 MÉTODO DELPHI

El método Delphi consiste en la selección de un grupo de expertos a los que se les pregunta su opinión sobre cuestiones referidas a acontecimientos del futuro. Este procedimiento extrae y maximiza las ventajas que presentan los métodos basados en grupos de expertos y minimiza sus inconvenientes. Para ello se aprovecha la sinergia del debate en el grupo y se eliminan las interacciones sociales indeseadas que existen dentro de todo grupo. De esta forma se espera obtener un consenso lo más fiable posible del grupo de expertos. Este método consta de cuatro fases (28):

Fase 1: Formulación del problema

Se trata de una etapa fundamental en la realización de un Delphi. En un método de expertos, la importancia de definir con precisión el campo de investigación es muy grande por cuanto que es preciso estar muy seguros de que los expertos reclutados y consultados poseen todas las mismas nociones de este campo. La elaboración del cuestionario debe ser llevada a cabo según ciertas reglas: las preguntas deben ser precisas, cuantificables e independientes.

Fase 2: Elección de expertos

La etapa es importante puesto que el término de experto es ambiguo. Con independencia de sus títulos, su función o su nivel jerárquico, el experto será elegido por su capacidad de encarar el futuro y los conocimientos que posea sobre el tema consultado.

La falta de independencia de los expertos puede constituir un inconveniente; por esta razón los expertos son aislados y sus opiniones son recogidas por vía postal o electrónica y de forma anónima; así pues se obtiene la opinión real de cada experto y no la opinión más o menos falseada por un proceso de grupo (se trata de eliminar el efecto de los líderes).

Fase 3: Elaboración y lanzamiento de los cuestionarios (en paralelo con la fase 2)

Los cuestionarios se elaboran de manera que faciliten, en la medida en que una investigación de estas características lo permite, la respuesta por parte de los consultados.

Fase 4: Desarrollo práctico y explotación de resultados

El cuestionario es enviado a cierto número de expertos (hay que tener en cuenta las no-respuestas y abandonos). Naturalmente el cuestionario va acompañado por una nota de presentación que precisa las finalidades, el espíritu del Delphi, así como las condiciones prácticas del desarrollo de la encuesta (plazo de respuesta, garantía de anonimato). Luego se procede al estudio de resultados para llegar a conclusiones.

Este método presenta tres características fundamentales:

Anonimato: Durante un Delphi, ningún experto conoce la identidad de los otros que componen el grupo de debate. Esto tiene una serie de aspectos positivos, como son:

- ✓ Impide la posibilidad de que un miembro del grupo sea influenciado por la reputación de otro de los miembros o por el peso que supone oponerse a la mayoría. La única influencia posible es la de la congruencia de los argumentos.
- ✓ Permite que un miembro pueda cambiar sus opiniones sin que eso suponga una pérdida de imagen.
- ✓ El experto puede defender sus argumentos con la tranquilidad que da saber que en caso de que sean erróneos, su equivocación no va a ser conocida por los otros expertos.

Iteración y realimentación controlada: La iteración se consigue al presentar varias veces el mismo cuestionario. Como, además, se van presentando los resultados obtenidos con los

cuestionarios anteriores, se consigue que los expertos vayan conociendo los distintos puntos de vista y puedan ir modificando su opinión si los argumentos presentados les parecen más apropiados que los suyos.

Respuesta del grupo en forma estadística: La información que se presenta a los expertos no es sólo el punto de vista de la mayoría, sino que se presentan todas las opiniones indicando el grado de acuerdo que se ha obtenido.

Sus desventajas más significativas están dadas en que:

- ✓ Es muy laborioso y demanda tiempo su aplicación.
- ✓ Es costoso en comparación con otros, ya que requiere del empleo de varios factores como: tiempo de los expertos; hojas; impresoras; teléfono; correo; entre otros.

Por otra parte, este método tiene como ventajas que presenta amplias posibilidades de aplicación a gran número de situaciones o casos y su sencillez de uso cuando se dispone de expertos bien informados y dispuestos a colaborar. Se puede utilizar en situaciones que comprendan tareas y actividades simples, actividades basadas en procedimientos y tareas de diagnóstico.

Este método permite con su aplicación tener estimaciones razonablemente buenas, las mejores suposiciones a falta de cifras más exactas. Estas estimaciones pueden y deben ser confirmadas o modificadas a lo largo del tiempo, según se vaya recopilando información durante el funcionamiento del sistema.

El método Delphi es aceptable en la comunidad científica, tiene una elevada madurez, proporciona estimaciones de precisión moderada y no exige que se reúna a los expertos en un lugar determinado.

Puede parecer un método limitado porque los expertos no pueden intercambiar sus opiniones, puntos de vista y experiencia, ya que se les requiere individualmente; no obstante, esta limitación es precisamente lo que se está buscando para evitar que existan datos que ocasionen conflictos interpersonales, presiones entre los expertos. Por todas las características expuestas anteriormente y la necesidad validar la propuesta planteada para su aplicación en el futuro en la colección “El Navegante”, se decide utilizar este método de validación (28).

3.2 APLICACIÓN DEL MÉTODO SELECCIONADO

El método Delphi se basa en una secuencia de pasos, los que se mencionan a continuación:

- ✓ Selección de los expertos.
- ✓ Cálculo del coeficiente de concordancia de Kendall.
- ✓ Cálculo de las frecuencias absolutas.
- ✓ Cálculo de las frecuencias absolutas acumuladas.
- ✓ Cálculo de las frecuencias relativas acumuladas.
- ✓ Cálculo de los puntos de corte.

Todos estos pasos serán descritos para mostrar los resultados que fueron arrojados luego de llevar a cabo la aplicación del método en la propuesta y para demostrar la validez de la estrategia para el aseguramiento de la calidad del proceso y el producto de la colección “El Navegante”.

3.3 SELECCIÓN DE LOS EXPERTOS

Según el método Delphi para que una persona pueda ser etiquetada como experta debe poseer un conocimiento profundo de la tarea o actividad que será objeto de análisis y valoración y tiene que estar familiarizado con el sistema en el que se desarrolla. De esta manera, los expertos a los que se recurre tienen que ser capaces de traducir su valoración en términos de probabilidades (28).

Para la evaluación de la propuesta, se han escogido siete expertos, se señala que es necesario esta cantidad como mínimo, debido a que el error disminuye notablemente por cada experto añadido hasta llegar a los siete y como máximo 30 pues la mejora en la previsión es muy pequeña y normalmente el incremento en costo y trabajo de investigación no compensa la mejora.

Existen características propias que poseen cada uno de los expertos seleccionados y que se tuvieron en cuenta para conformar el panel. Estas son:

- ✓ Graduado de nivel superior.
- ✓ Experiencia mínima de un año en el tema de investigación.
- ✓ Honestidad.
- ✓ Disposición en participar en la encuesta.
- ✓ Capacidad de análisis y de pensamiento.
- ✓ Conocimiento y dominio del modelo CMMI y del proceso de Aseguramiento de la Calidad.

Capítulo3. Evaluación de la Propuesta

El objetivo del proceso de validación es mostrar la importancia de la solución propuesta, mediante la aplicación de cuestionarios a la muestra seleccionada. Esta selección se lleva a cabo, teniendo en cuenta la experiencia y capacitación que presenta el profesional sobre el tema.

Las respuestas de este grupo de expertos pueden contribuir a perfeccionar el proceso propuesto. Para la selección de los expertos es útil emplear la valoración por competencias mediante un formulario de autovaloración, el cual se muestra a continuación:

ENCUESTA DE AUTOVALORACION

Compañero(a):

Como parte importante de la presente tesis se pretende realizar una validación de la "Estrategia para el Aseguramiento de la calidad del proceso y el producto de la colección El Navegante". Para ello se necesita conocer el grado de dominio que usted posee sobre el proceso de aseguramiento de la calidad del software y el modelo CMMI. Usted fue seleccionado teniendo en cuenta su aval y su experiencia en el campo objeto de estudio.

Se le solicita que responda las siguientes interrogantes para llevar a feliz término la investigación. Se le agradece de antemano su colaboración.

Nombre y Apellidos: _____

Centro de trabajo: _____

Labor que realiza: _____

Años de experiencia: _____ Especialidad: _____

Categoría docente: _____ Categoría científica: _____

País: _____

Capítulo 3. Evaluación de la Propuesta

1. Marque con una X el grado de conocimiento que usted posee sobre el tema que se investiga:

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|

2. Marque con una X las fuentes que le han servido para argumentar el conocimiento que usted tiene de la temática presente. Subraye la que más ha influido.

| No. | Fuentes de argumentación | Criterio | | |
|-----|---|----------|-------|------|
| | | Alto | Medio | Bajo |
| 1 | Experiencia | | | |
| 2 | Documentación válida y elaborada por expertos nacionales. | | | |
| 3 | Documentación válida y elaborada por expertos extranjeros. | | | |
| 4 | Intercambio de información a través de foros o sitios no confiables | | | |
| 6 | Su conocimiento propio | | | |
| 7 | Su intuición | | | |

Figura 8 Encuesta de autovaloración

Este método consiste en calcular el Coeficiente de competencia (K) a partir de su conocimiento o información sobre el tema (Kc) y el Coeficiente de argumentación o valoración (Ka) mediante la siguiente fórmula: $K = 1/2 (k_c + k_a)$. La interpretación de los coeficientes de competencias es la siguiente:

- Si $0,8 < k < 1,0$ Coeficiente de competencia alto.
- Si $0,5 < k < 0,8$ Coeficiente de competencia medio.
- Si $k < 0,5$ Coeficiente de competencia bajo.

Para determinar el coeficiente de conocimiento o información (Kc) el experto marcará en la casilla enumerada, que se encuentra en la encuesta de autovaloración, según su criterio acerca de la capacidad que él tiene sobre el tema que se la ha sometido a su consideración,

Capítulo 3. Evaluación de la Propuesta

en una escala del 1 al 10 y que después para ajustarla a la teoría de las probabilidades se multiplicará por 0,1.

Para determinar el coeficiente de argumentación o valoración (Ka) se ofrece una tabla con cierta información (encuesta de autovaloración). El experto debe marcar, según su criterio, los elementos que le permiten argumentar su evaluación del nivel de conocimiento seleccionado anteriormente. Las marcas de los expertos se traducen a puntos teniendo en cuenta la escala que se muestra en la siguiente tabla de escalas:

Tabla 3 Tabla de Escalas

| No. | Fuentes de Argumentación | Grado Alto | Medio | Bajo |
|-----|--|------------|-------|------|
| 1. | Experiencia | 0.3 | 0.2 | 0.1 |
| 2. | Documentación válida y elaborada por expertos nacionales. | 0.4 | 0.3 | 0.2 |
| 3. | Documentación válida y elaborada por expertos extranjeros. | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 4. | Intercambio de información a través de foros y sitios no confiables. | 0.5 | 0.4 | 0.3 |
| 5. | Su conocimiento propio. | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 6. | Su intuición. | 0.5 | 0.5 | 0.5 |

El resultado del coeficiente de competencias de los encuestados se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4 Tabla del coeficiente de competencias

| No. | Expertos | Conocimiento | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | Ka | Kc | K | Competencia |
|-----|----------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------------|
| 1. | E1 | 9 | 0.3 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 2.8 | 0.9 | 1.85 | ALTO |
| 2. | E2 | 9 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 2.6 | 0.9 | 1.75 | ALTO |
| 3. | E3 | 8 | 0.2 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 2.7 | 0.8 | 1.75 | ALTO |

Capítulo3. Evaluación de la Propuesta

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 4. | E4 | 9 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 2.7 | 0.9 | 1.8 | ALTO |
| 5. | E5 | 9 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 2.8 | 0.9 | 1.85 | ALTO |
| 6. | E6 | 8 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 2.6 | 0.8 | 1.7 | ALTO |
| 7. | E7 | 8 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 2.6 | 0.8 | 1.7 | ALTO |
| | | 8.57 | 0.24 | 0.44 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 2.69 | 0.86 | 1.77 | ALTO |

De los siete expertos encuestados todos poseen un coeficiente de competencia alto. Por lo cual se tomó la decisión de que los siete sean incluidos en el grupo de expertos para la evaluación de la propuesta. En la tabla 5 se muestran los nombres de los expertos que colaboraron con la validación de la estrategia para el aseguramiento de la calidad del proceso y el producto de la colección “El Navegante”.

Tabla 5 Tabla de Expertos

| Nombre del Experto | Centro al cual pertenece | Rol que desempeña | Años de Experiencia |
|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Yisel Niño Benítez | CEIGE | Asesor de calidad | 2 |
| Yadira Morales Álamo | CEDIM | Asesor de calidad | 2 |
| Yanelis Castrillo González | CESIM | Asesor de calidad | 1 |
| Yusmilaidi Cause Ascanio | CESIM | Administrador de calidad | 2 1/2 |
| Lorena Alemán Antelo | CESIM | Administrador de calidad | 2 |
| Niurka Córdova Osorio | CESIM | Administrador de calidad | 2 |
| Reinier Alonso González | CESIM | Administrador de calidad | 2 |

3.4 ELABORACIÓN DEL CUESTIONARIO

Después de determinar el coeficiente de competencia de los expertos se procede a realizar el cuestionario, para validar la propuesta de parámetros que validarán la Estrategia de aseguramiento de la calidad del proceso y el producto de la colección “El Navegante”.

Para la elaboración del cuestionario se tuvieron en cuenta los principios básicos que deberá cumplir la propuesta presentada para su utilización en la colección “El Navegante”. Fue conformado con preguntas abiertas de enfoque investigativo, sobre la validez de la solución propuesta al problema planteado, posibles resultados y opinión de los expertos acerca del proceso de evaluación. A continuación se muestra la encuesta realizada a los expertos:

Encuesta a Expertos:

Compañero(a):

La presente tesis se propone definir una Estrategia para el aseguramiento de la calidad del proceso y el producto de la colección “El Navegante”. Esta encuesta forma parte de la aplicación del Método de valoración de los especialistas. Con este fin se solicita su valiosa colaboración, ya que sus criterios serán tenidos en cuenta para la aplicación de la propuesta. Valore el grado de factibilidad de cada pregunta de acuerdo a la siguiente escala:

-Muy adecuado (MA).

-Bastante adecuado (BA).

-Adecuado (A).

-Poco adecuado (PA).

-No adecuado (NA).

Marque con una X el criterio que considere corresponde a cada pregunta.

| Número | Preguntas | Criterio de Expertos |
|--------|--|----------------------|
| 1 | ¿Considera UD. que la presente estrategia abarca los principales elementos del proceso de Aseguramiento de la calidad? | |

Capítulo3. Evaluación de la Propuesta

| | | |
|---|---|--|
| 2 | ¿Cree UD. que en la presente estrategia dicho proceso fue definido y descrito correctamente, según lo propuesto por CMMI en el área de proceso de PPQA? | |
| 3 | ¿Considera UD. que la propuesta se adapta a las características de la colección “El Navegante” y del proyecto, además de responder a las necesidades de este? | |
| 4 | ¿Las actividades de Aseguramiento de la calidad en la presente propuesta son claras y están bien argumentadas? | |
| 5 | ¿Considera UD. que con la aplicación de la propuesta en la colección “El Navegante”, se aumentará la calidad de los procesos y productos desarrollados en la misma? | |
| 6 | ¿Agregaría o eliminaría algún subproceso o actividad de la estrategia de aseguramiento de la calidad propuesta? | |
| 7 | ¿Considerando todos los elementos anteriores o cualquier otro criterio, que evaluación le daría UD. a la propuesta? | |

En todos los casos los expertos recibieron la documentación del proceso de evaluación propuesto y se les requirió cumplir con un lapso de tiempo determinado para dar las respuestas o hacer las preguntas pertinentes que hubiesen surgido al estudiar el documento presentado.

3.5 ESTABLECIMIENTO DE LA CONCORDANCIA DE LOS EXPERTOS

El coeficiente de concordancia de Kendall se obtiene aplicando la fórmula:

Capítulo 3. Evaluación de la Propuesta

$$W = \frac{S}{k^2(N^3 - N)}$$

S: Suma de los cuadrados de las desviaciones observadas de la media de S_j (rangos), esto es:

$$\sum_{j=1}^n (S_j - \bar{S})^2 \text{ donde } \bar{S} = \frac{\sum_{j=1}^n S_j}{N}$$

N: Número de entidades, (objetos, individuos) ordenados.

K: Número de conjuntos de rangos, es decir, número de expertos.

Cuando se tienen más de dos expertos, entonces los rangos se calculan sumando todos los valores de cada fila (R_j). Se le asignan valores a las categorías (Muy Adecuado (5), Bastante Adecuado (4), Adecuado (3), Poco Adecuado (2), Nada Adecuado (1)). En dependencia de la evaluación que el experto de a cada pregunta será el valor asociado que se pondrá en la tabla que se muestra a continuación, la cual contiene el resultado de convertir las evaluaciones en valores para obtener los rangos:

Tabla 6 Tabla de concordancia de los criterios de expertos

| Criterios | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Rj |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 27 |
| 2 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 33 |
| 3 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 | 27 |
| 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 3 | 30 |
| 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 31 |
| 6 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 14 |

Capítulo 3. Evaluación de la Propuesta

| | | | | | | | | |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 7 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 | 31 |
| Total | 25 | 30 | 30 | 30 | 29 | 27 | 22 | 193 |

Cálculo del Coeficiente de Kendall (W)

$$\overline{S} = \frac{\sum_{j=1}^n S_j}{N} \text{ Donde } N=7$$

Por lo tanto quedaría:

$$\overline{S} = 27.57$$

$$S = \sum_{j=1}^n (S_j - \overline{S})^2 = 165.43$$

Luego:

K= 7 y N= 7

W= 0.00905

W expresa el grado de concordancia entre los siete expertos al dar un orden evaluativo a las preguntas sometidas a valoración. Este coeficiente siempre será positivo y estará comprendido entre los valores de cero y uno.

Cálculo del Chi cuadrado real

$$\chi^2 = K(N-1)W \quad \chi^2 = 0.38040$$

Si

$\chi^2_{real} < \chi^2_{(\alpha, N-1)}$ Entonces existe concordancia en el trabajo de los expertos sino es necesario repetir el trabajo de expertos.

$\alpha = 0.1$ para un nivel de confianza del 90%.

Como $0.38040 < 8.5437$, por tanto se puede concluir que hay concordancia entre los expertos y es aceptada la propuesta de estrategia de aseguramiento de la calidad para los procesos y productos de la colección "El Navegante".

Capítulo 3. Evaluación de la Propuesta

3.6 DESARROLLO PRÁCTICO Y EXPLOTACIÓN DE RESULTADOS

Lograda la conformación del equipo de expertos, se buscan sus criterios sobre la validación de la propuesta. Se confeccionan tablas agrupadas por preguntas para recoger los resultados aportados por los expertos.

Tabulados los datos, se realizan los siguientes pasos para obtener los resultados deseados:

Primer paso: Construir la tabla de frecuencias absolutas acumuladas. Esto se hace por fila, excepto el valor de la primera columna de esa fila, las restantes se obtienen sumando el actual y el anterior. En la frecuencia acumulativa desaparece la última columna.

Tabla 7 Tabla de Frecuencia Absoluta Acumulada

| Tabla de frecuencias absolutas acumuladas: | | | | | |
|--|--|----|----|---|----|
| No | Aspectos | MA | BA | A | PA |
| 1 | ¿Considera UD. que la presente estrategia abarcará los aspectos de la propuesta? | 1 | 5 | 7 | |
| 2 | ¿Cree UD. que en la presente estrategia dicho proceso se adaptará a las características de la propuesta? | 5 | 7 | | |
| 3 | ¿Considera UD. que la propuesta se adapta a las características de la propuesta? | 1 | 4 | 7 | |
| 4 | ¿Las actividades de Aseguramiento de la calidad en la propuesta son adecuadas? | 3 | 6 | 7 | |
| 5 | ¿Considera UD. que la aplicación de la propuesta a la práctica es adecuada? | 4 | 6 | 7 | |
| 6 | ¿Agregaría o eliminaría algún subproceso o actividad? | | | 2 | 5 |
| 7 | ¿Considerando todos los elementos anteriores o considerando los aspectos de la propuesta? | 4 | 6 | 7 | |

Segundo paso: Construir la tabla de frecuencias relativas acumuladas, para lo cual, se divide el valor de cada celda de la tabla anterior entre el número de expertos consultados, en este caso siete.

Tabla 8 Tabla de Frecuencias Relativas Acumuladas

| Tabla de frecuencias relativas acumuladas: | | | | | | |
|--|--|------------|--------|--------|--------|--------|
| No | Aspectos | MA | BA | A | PA | NA |
| 1 | ¿Considera UD. que la presente estrategia abarca los aspectos de la propuesta? | 0.14285714 | 0.7143 | 0.9999 | | |
| 2 | ¿Cree UD. que en la presente estrategia dicho proceso se adaptará a las características de la propuesta? | 0.71428571 | 0.9999 | | | |
| 3 | ¿Considera UD. que la propuesta se adapta a las características de la propuesta? | 0.14285714 | 0.5714 | 0.9999 | | |
| 4 | ¿Las actividades de Aseguramiento de la calidad en la propuesta son adecuadas? | 0.42857143 | 0.8571 | 0.9999 | | |
| 5 | ¿Considera UD. que la aplicación de la propuesta a la práctica es adecuada? | 0.57142857 | 0.8571 | 0.9999 | | |
| 6 | ¿Agregaría o eliminaría algún subproceso o actividad? | | | 0.2857 | 0.7143 | 0.9999 |
| 7 | ¿Considerando todos los elementos anteriores o considerando los aspectos de la propuesta? | 0.57142857 | 0.8571 | 0.9999 | | |

Tercer paso: Se buscan las imágenes de los elementos de la tabla 6 por medio de la función Distribución Normal Estándar (Ver anexo 10). A la misma tabla se le adicionan tres columnas y una fila para colocar los resultados que se mencionan a continuación:

Capítulo3. Evaluación de la Propuesta

- ✓ Suma de las columnas.
- ✓ Suma de filas.
- ✓ Promedio de las columnas.

Los promedios de las filas se obtienen de forma similar, en este caso también se divide por cuatro porque quedan 4 categorías ya que la última se eliminó.

Para hallar N, se divide la suma de las sumas entre el resultado de multiplicar el número de indicadores por el número de preguntas.

El valor N-P da el valor promedio que otorgan los expertos para cada indicador propuesto.

La siguiente tabla resume lo dicho en los puntos anteriores:

Tabla 9 Tabla Resumen

| | | | | | | | N = | 0.71 | |
|------------------|--|-------|------|-------|------|-------|------|-------|--------------|
| Puntos de corte: | | | | | | | | | |
| No | Aspectos | MA | BA | A | PA | Suma | P | N-P | |
| 1 | abarca los principales elementos del proceso | -1.07 | 0.57 | 3.72 | | 3.22 | 1.07 | -0.36 | Muy adecuado |
| 2 | dicho proceso fue definido y descrito | 0.57 | 3.72 | | | 4.28 | 2.14 | -1.43 | Muy adecuado |
| 3 | a las características de la colección "El | -1.07 | 0.18 | 3.72 | | 2.83 | 0.94 | -0.23 | Muy adecuado |
| 4 | calidad en la presente propuesta son claras | -0.18 | 1.07 | 3.72 | | 4.61 | 1.54 | -0.82 | Muy adecuado |
| 5 | propuesta aumentará la calidad de los | 0.18 | 1.07 | 3.72 | | 4.97 | 1.66 | -0.94 | Muy adecuado |
| 6 | actividad en la estrategia de aseguramiento | | | -0.57 | 0.57 | | | | No Adecuado |
| 7 | anteriores o cualquier otro criterio, que | 0.18 | 1.07 | 3.72 | | 4.97 | 1.66 | -0.94 | Muy adecuado |
| Suma | | -1.39 | 7.67 | 18.03 | | 24.87 | | | |
| P.de corte | | -0.23 | 1.28 | 3.00 | | | | | |

Los puntos de corte se utilizan para determinar la categoría de cada criterio según la opinión de los expertos consultados. Para obtener esta categoría, se debe operar como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 10 Tabla de Categoría de los rangos de los puntos de corte

| Muy Adecuado | Bastante Adecuado | Adecuado | Poco Adecuado | Nada Adecuado |
|--------------|-------------------|--------------|---------------|---------------|
| Menor 0.12 | (0.13; 1.04) | (1.05; 2.08) | (2.09; 2.29) | Mayor 2.29 |

3.7 RESULTADO DE LA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA PRESENTADA

Después de analizar los resultados de la encuesta se reafirma la validez de la propuesta realizada, concluyendo que el 85.7 % de los expertos está de acuerdo con que la estrategia que se propone para asegurar la calidad del proceso y el producto de la colección “El Navegante” es muy adecuada, para su aplicación en la misma.

Gráficas de % de aceptación de los expertos por pregunta:

Representación en % del valor dado por los expertos a la pregunta 1 de la propuesta

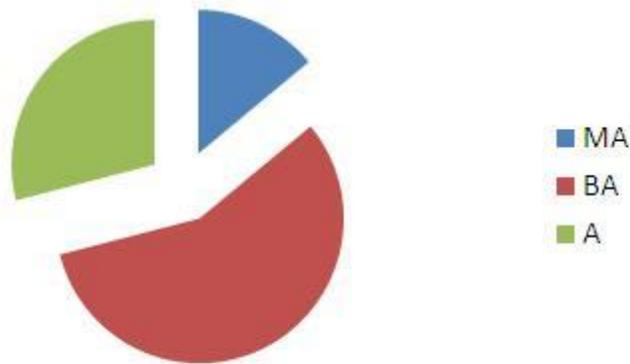


Figura 9 Gráfica de la pregunta 1

Representación en % del valor dado por los expertos a la pregunta 2 de la propuesta

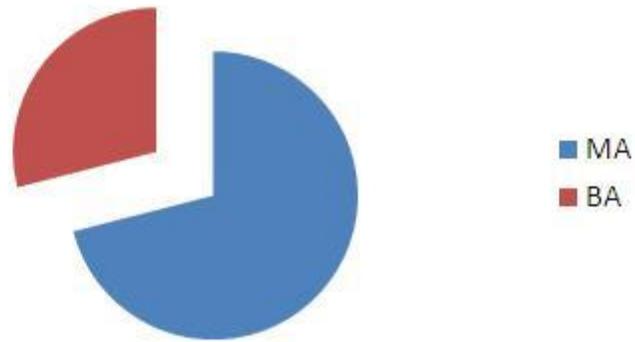


Figura 10 Gráfica de la pregunta 2

Representación en % del valor dado por los expertos a la pregunta 3 de la propuesta



Figura 11 Gráfica de la pregunta 3

Representación en % del valor dado por los expertos a la pregunta 4 de la propuesta



Figura 12 Gráfica de la pregunta 4

Representación en % del valor dado por los expertos a la pregunta 5 de la propuesta



Figura 13 Gráfica de la pregunta 5

Representación en % del valor dado por los expertos a la pregunta 6 de la propuesta



Figura 14 Gráfica de la pregunta 6

Representación en % del valor dado por los expertos a la pregunta 7 de la propuesta



Figura 15 Gráfica de la pregunta 7

Conclusiones

En este capítulo, después de haber analizado algunos de los métodos de expertos existentes se decidió utilizar el método Delphi para la validación de la propuesta. Se obtuvo como resultado que la estrategia para el aseguramiento de la calidad del proceso y el producto de la colección “El Navegante” es para el 85.7% de los expertos muy adecuada, demostrándose así la validez de la propuesta elaborada en la presente investigación.

CONCLUSIONES GENERALES

Para dar cumplimiento al objetivo general de este trabajo y solucionar la problemática planteada, se desarrollaron exitosamente las tareas trazadas al comienzo de la investigación:

1. Se definió el proceso de aseguramiento de la calidad a seguir en la colección “El Navegante” mediante el estudio de otras soluciones existentes, sus características correspondientes y lo propuesto por el modelo CMMI.
2. Se obtuvo una estrategia de aseguramiento de la calidad para la colección “El Navegante” teniendo en cuenta las características del proyecto y la metodología de desarrollo, así como el modelo de calidad a utilizar.
3. Se realizaron modificaciones a artefactos como el plan de aseguramiento de la calidad y se propusieron nuevas plantillas para la realización de las pruebas, dadas las características de la colección, para obtener un producto software con un alto nivel de calidad.
4. Se validó la Estrategia de aseguramiento de la calidad mediante el método Delphi.

Se concluye que la Estrategia de aseguramiento de la calidad propuesta brinda una solución factible a la problemática inicial y su desarrollo significará una mejora considerable en la creación de la colección, dándose origen a una estrategia base para el desarrollo de otras soluciones con características similares y un paso de avance para la búsqueda de la calidad total en la colección “El Navegante”.

RECOMENDACIONES

Tomando como punto de partida los resultados obtenidos con la realización de este trabajo de diploma, se hacen las siguientes recomendaciones:

1. Dar seguimiento a las actividades propuestas en la estrategia de aseguramiento de la calidad durante todo el ciclo de vida de la colección “El Navegante”.
2. Aplicar la estrategia en la colección, integrando las restantes áreas de proceso definidas por CMMI para el nivel 2.
3. Que la estrategia propuesta sirva de guía y apoyo para otros proyectos productivos con características similares, que necesiten trazar una estrategia de aseguramiento para la calidad de sus procesos y productos basándose en el modelo CMMI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. concepto de calidad. *fabetsia.dmpa.upm.es*. [En línea] [Citado el: 3 de 3 de 2011.] http://fabetsia.dmpa.upm.es/solo_alumnos/sp2/Tablon_sp2/TransparenciasCALIDAD06.pdf
2. **CMMI for Development**. [En línea] . Software Engineering Institute. *Software.sei.cmu.edu*. [En línea] Engineering Institute Pittsburgh, PA 152133890, 2006. Versión1.2. <http://Software.sei.cmu.edu>
3. **IEEE**. *Standard Glossary of Software Engineering Terminology*. Nueva York: Computer Dictionary. 1990.
4. **Roger S, Pressman**. *Ingeniería del Software: un enfoque práctico*. 1998.
5. **Lovelle, Juan Manuel Cuella**. *Tema#2. Calidad del Software*. 1999.
6. Gestión, control y garantía de la calidad del software. Angélica de Antonio. *www.scribd.com* [En línea] [Citado el: 6 de 1 de 2011.] http://www.scribd.com/doc/52926121/17/ACTIVIDADES-DE-CONTROL-DE-CALIDAD-DEL-SOFTWARE%23ad_unit%3DDoc_Sideboard_MediumRectangle_BTF_300x250%26url%3Dhttp%253A
7. Herramientas para el control de la calidad. *www.tuveras.com*. [En línea] [Citado el: 13 de 12 de 2010.] <http://calidad/herramientas/herramientas.html>
8. Redmine. *www.gestiopolis.com*. [En línea] [Citado el 20 de 1 de 2011.] <http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/herramientas-gestion-proyectos-software.html>
9. **Institute, Project Management**. *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)*. EE.UU : Four Campus Boulevard, Newtown Square, PA 19073-3299 : s.n., 2004.
10. **Santana, Ildian Guzmán**. *Plan de Aseguramiento de la Calidad para proyectos de software sobre la Arquitectura MDA (Model Driven Architecture)*. Ciudad de la Habana: s.n., 2008.
11. Aseguramiento de la calidad. *qualitrain.com.mx*. [En línea] [Citado el: 16 de 2 de 2011.] <http://www.qualitrain.com.mx/Aseguramiento-de-la-Calidad-de-Software.html>
12. Calidad en el desarrollo del software. *cs.uns.edu.ar*. [En línea] [Citado el: 23 de 12 de 2010.] <http://www.cs.uns.edu.ar/~prf/teaching/SQ07/clase6.pdf>
13. **MANSO, E**. *Calidad del software*. 2005.
14. Análisis de modelos de calidad internacionales con respecto a su aplicación a la industria cubana del software. **GARCÍA, A. M. and N. ARAGÓN**. S.I.: Revista Cubana de Ciencias, 2006, Vol. Vol1.

15. **Roger S, Pressman.** *Ingeniería del Software: un enfoque práctico.* México: 5ta ed. McGraw Hill, 2002.
16. Concepto de estrategia. *gestiopolis.com.* [En línea] [Citado el: 23 de 2 de 2011.] <http://www.gestiopolis.com/canales5/ger/gksa/80.html>
17. **Kontz, H.** *Estrategia, planificación y control.* 1991.
18. Modelo de. *noqualityinside.com.* [En línea] [Citado el: 22 de 2 de 2011.] http://noqualityinside.com/nqi/nqifiles/CalidadDeSW_diap.pdf
19. **ISO, 90003-2004.** Guidelines for the application of ISO 9001:2000 to computer software. s.l. : pdf: International Standard ISO/IEC 90003.
20. **Tomás Navarro, José Luis y Pérez Paredes, Sergio.** *Estándar ISO 9000-3. 2003.*
21. La calidad del software y su medida. *bibliodoc.uci.cu.* [En línea] [Citado el: 6 de 12 de 2010.] <http://bibliodoc.uci.cu/pdf/8480046112.pdf>
22. Aseguramiento de la calidad del proceso y el producto PPQA. *calisoft.uci.cu.* [En línea] [Citado el: 23 de 2 de 2011.] <http://calisoft.uci.cu/index.php?view=article&catid=20%3Amateriales-de-capacitacion-del-programa-de-mejora&id=75%3Amateriales-de-capacitacion>
23. **Sánchez, María A Mendoza.** *Metodologías de Desarrollo de Software.* 2004.
24. Normas y Estándares. *calisoft.uci.cu.* [En línea] [Citado el: 10 de 2 de 2011.] http://calisoft.uci.cu/index.php?view=category&id=12%3Anormas-y-estandares-internacionales&option=com_content&Itemid=24
25. Estándares de calidad del software. *slideshare.net.* [En línea] [Citado el: 12 de 2 de 2011.] <http://www.slideshare.net/eduardo89/estndares-de-calidad-aplicadas-al-software>
26. **Trujillo, C.R.** Casos exitosos de forecasting en Colombia. Empaques flexibles y semi rígidos en colombia. 2004.
27. **Godet, M.** La caja de herramienta de la prospectiva estratégica. [En línea] [Citado el: 23 de 2 de 2011.] http://biblioteca.itson.mx/oa/ciencias_administrativa/oa10/métodos_alternativa_negocio/m.html
28. Métodos Prospectivos. *www2.uiah.fi.* [En línea] [Citado el: 21 de 2 de 2011.] <http://www2.uiah.fi/projekti/metodi/290.htm>

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Acción correctiva: Acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad, defecto o cualquier situación indeseable existente, para evitar su repetición.

Área de proceso: Agrupa un conjunto de prácticas relacionadas entre sí, cuya ejecución permite alcanzar una serie de objetivos y metas.

Aseguramiento de la Calidad: Un medio planificado y sistemático que define estándares, prácticas, procedimientos y métodos que son aplicados al proceso.

Calidad: La capacidad de un conjunto de características inherentes de un producto, componente de producto o proceso para cumplir las exigencias de clientes.

CMMI: Modelo de Madurez y Capacidad Integrado

Control de la calidad: Las técnicas de funcionamiento y actividades que se utilizan para cumplir con los requisitos de calidad.

Descripción de un proceso: Una expresión documentada de un conjunto de actividades realizadas para lograr un propósito determinado.

Evaluar objetivamente: Examinar las actividades y productos de trabajo contra criterios que minimizan la subjetividad y la parcialidad por el revisor.

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

ISO: Organización Internacional para la Estandarización

No conformidad: Incumplimiento de un requisito.

Plan de Aseguramiento de la Calidad: Una planificación con fechas, responsables, tareas a realizar y objetivos a conseguir de cualquier aspecto relacionado con el Sistema de Calidad.

Plantillas: Una plantilla es una guía que permite construir un diseño o un esquema predefinido para que quien la utilice se asesore de ella y guarde cierta información que le resulta necesaria documentar.

Procedimiento: Es la acción de proceder o el método de ejecutar algunas cosas. Se trata de una serie común de pasos definidos, que permiten realizar un trabajo de forma correcta.

Proceso: Una conjunto de actividades relacionadas que transforman entradas en salidas.

Proceso de software: Conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan para transformar entradas en salidas.

Producto: Un producto de trabajo que se destine a la entrega a un cliente o al usuario final.

Producto de trabajo: Es un resultado útil de un proceso. Este puede incluir archivos, documentos, productos, componentes de un producto, servicios, descripciones del proceso, las especificaciones y las facturas.

Pruebas de software: Proceso en el que se ejecuta un sistema con el objetivo de detectar fallos.

Sistema de calidad: Estructura organizativa, procedimientos, procesos, y recursos necesarios para implantar la Gestión de la calidad.

Sub-proceso: Un proceso que forma parte de un proceso más amplio.

Sub-práctica: Pretende aportar ideas que pueden ser útiles para el proceso de mejora.

Validación: Comprobar si el software construido satisface los requisitos del usuario.

Verificación: Comprobar si los productos construidos en una fase del ciclo de vida satisfacen los requisitos establecidos en la fase anterior.