

Guía Metodológica para Administrar los Riesgos en los Proyectos Productivos de Realidad Virtual

It guides Methodologic to administer the Risks in the Productive Projects of Virtual reality

José Manuel Pardo Matos, Jandrich Domínguez Fortún

Universidad de las Ciencias Informáticas

{jpardo,jandrich}@uci.cu

Resumen

En la actualidad, el Aseguramiento de la Calidad es una tarea que preocupa a las empresas y en especial a las que se dedican a la producción de software. El logro de la calidad debe ser un objetivo común en todas las etapas del ciclo de desarrollo de un producto de software, lo cual tributará a satisfacer los requisitos propuestos por el cliente. El aseguramiento de calidad del software se diseña para cada aplicación antes de comenzar a desarrollarla y no después. Esta situación determina que desde el mismo proceso de desarrollo del software se haga inminente la puesta en práctica de reglas o condiciones de trabajo que garanticen la calidad final del producto. Una tarea importante para lograr índices elevados de calidad es la Gestión de los Riesgos. En toda organización, administrar los riesgos adecuadamente es un factor importante que favorece la calidad en el proceso de desarrollo y en el producto software resultante de este proceso.

El propósito de esta investigación es proponer una Guía Metodológica que permita a los Proyectos Productivos de Realidad Virtual de la Facultad 5, administrar los riesgos de manera óptima a partir de lo que plantea el área de procesos Administración de Riesgos de CMMI.

Palabras clave: Administración de Riesgos, calidad del software, riesgos.

Abstract

Nowadays, the Quality Insurance is a matter that worries companies and especially those devoted to the software production. The achievement of quality should be a common objective in all stages in the software development cycle of a product, which will contribute to satisfy the client's requirements.

The software quality insurance is designed for each application before the beginning of its development and not later.

This situation determines that from the same process of the software development it becomes imminent the setting of rules or work conditions that guarantee the final product quality.

An important task to achieve high quality results is the risks management

In all organizations, to manage risks properly is an important factor that favors quality in the development process and the resulting software product.

This investigation intends to propose a Methodological Guide for the Productive Projects on Virtual Reality of Faculty No. 5, allowing a proper risks management in the context of the CMMI's Risk Management process area.

Key words: Risks, risks management, software quality.

Introducción

En la actualidad, el mundo de la informática, específicamente la producción de software es un pilar muy importante que ha llegado a involucrar a una cantidad considerable de naciones, organizaciones y profesionales de la Informática y la Computación empeñados en mantener o lograr posiciones prestigiosas en el mercado y establecer altos niveles de desarrollo.

Independientemente de este desarrollo continuo de la industria de software, la situación actual de esta industria muestra un pobre desempeño de las organizaciones de software, un incremento de la presión por mejorar su desempeño y dificultades con las mejoras de los procesos de software. Todo esto provoca una crisis de software que trae como resultado una insuficiente calidad del producto final, estimaciones de duración de proyectos y asignación de recursos inexactas, retrasos en la entrega de productos terminados, están fuera de control los costos de desarrollo y mantenimiento de productos, escasez de personal calificado en un mercado laboral de alta demanda y tendencia al crecimiento del volumen y complejidad de los productos. (1)

Cuba, país subdesarrollado, sometido a numerosas presiones externas que impiden su natural desarrollo tecnológico como por ejemplo en la Biotecnología, Bioinformática, la Producción de Biofármacos entre otros, y que se originan en aquellos países que poseen el poder económico, tecnológico y militar, ha elaborado una política inteligente y justa de acceso a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). El objetivo principal de esta política está en el uso equitativo, racional, igualitario y educativo de estas tecnologías, teniendo como fin el aumento espiritual y material del hombre. Al calor de la Batalla de Ideas, surgió una nueva estrategia de la Revolución cuyo objetivo es informatizar la sociedad cubana y contribuir al desarrollo de la industria de software nacional. Esta estrategia se centra en el nacimiento del Proyecto Futuro y dentro de él la creación de una nueva casa de estudios: la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI). En la misma se desarrollan una gran cantidad de proyectos productivos, algunos de ellos dedicados a la exportación y otros a lograr la Informatización de la Sociedad. Esta investigación estará encaminada específicamente a los proyectos productivos de Realidad Virtual correspondientes a la Facultad 5 dedicada entre otros a la producción de videojuegos y simuladores. Estos son productos que requieren de una total calidad y es por ello que desde hace algún tiempo se realizan investigaciones con el fin de mejorar la gestión de la calidad en el proceso de desarrollo de software. A pesar de los esfuerzos por lograr una mejora continua a lo largo de todo el proceso, no se han consolidado los conocimientos acerca de cómo realizar una buena administración de riesgos y de qué forma esta podría tenerse en cuenta a la hora de tomar decisiones inmediatas y futuras para un proyecto. Muchas veces se identifican los riesgos pero no se les da el debido seguimiento para la mejora de los procesos o productos a desarrollar.

En el mundo del desarrollo de software, realizar una buena Administración de Riesgo en todo el Proceso de Desarrollo implica lograr un producto con buena calidad, a un menor costo y que se entregue en tiempo. A raíz de las ideas expuestas anteriormente y dándole paso al **Problema Científico**, surge la interrogante: ¿Cómo administrar los riesgos en los proyectos productivos de Realidad Virtual?

Se plantea como **objeto de estudio**, los procesos de producción de software de Realidad Virtual y como **Campo de acción** los procesos de Administración de Riesgos. Para resolver el problema se propone el siguiente **Objetivo General**:

Mostrar una guía metodológica que le permita a los proyectos productivos de Realidad Virtual de la Facultad 5 administrar los riesgos adecuadamente. Las tareas que se plantean para dar cumplimiento al objetivo general son:

- Realizar un estudio de elementos teóricos relacionados con la Administración de Riesgos.
- Proponer una guía metodológica para la Administración de Riesgos en proyectos productivos de Realidad Virtual.

Fundamentos Teóricos.

Actualmente existen modelos que permiten regir la calidad de un producto de software, entre ellos se encuentra CMMI (Capability Maturity Model Integration) que constituye un marco de referencia de la capacidad de desarrollo de software de diferentes empresas, siendo una base para evaluar la madurez de las mismas y una guía para llevar a cabo una estrategia de mejora continua, provee un enfoque integrado a través de la empresa para mejorar procesos, mientras reduce redundancia, complejidad y costos resultantes.

En el presente capítulo se tratan temas relacionados con el área de proceso Administración de Riesgos de CMMI, explicando de manera general en que consiste, así como los objetivos y prácticas específicas de esta área de proceso. Además se aborda a grandes rasgos los principales términos que sirven de soporte teórico a la investigación desarrollada.

Calidad de software

La creciente demanda de software de calidad ha hecho que la calidad sea un factor de discriminación entre productos de software, contribuyendo en gran medida a su éxito. Si bien existe un acuerdo común de que se necesita software de calidad, no existe un consenso de cómo, cuándo y dónde evaluar calidad. El concepto de “calidad” es un tanto ambiguo ya que diferentes autores le otorgan diferentes significados e interpretaciones.

Según CMMI “calidad es la habilidad inherente de un producto, componente del producto o proceso para cumplir los requisitos de los clientes.” (2)

La definición propuesta por Watts S. Humphrey en su libro Introducción al Proceso De Software Personal (PSP) plantea que la calidad de software “consiste en satisfacer las necesidades de los usuarios haciendo el trabajo de los mismos de una forma fiable y consistente. Esto requiere que el software que hagas tenga pocos defectos.” (3)

Roger S. Pressman define calidad como “concordancia con los requisitos funcionales y de rendimiento explícitamente establecidos, con los estándares de desarrollo explícitamente documentados, y con las características implícitas que se espera de todo software desarrollado profesionalmente.” (4)

Realidad Virtual.

Existen varios autores que han definido que es la Realidad Virtual, a continuación se citan algunos ejemplos:

"Es un sistema de computación usado para crear un mundo artificial donde el usuario tiene la impresión de estar en ese mundo y la habilidad de navegar y manipular objetos en él". (5)

"La Realidad Virtual te permite explorar un mundo generado por computadoras a través de tu presencia en él".

"La Realidad Virtual es un camino que tienen los humanos para visualizar, manipular e interactuar con computadoras y con información extremadamente compleja". (6)

“La realidad virtual (RV) es una simulación tridimensional generada o asistida comúnmente por computadora de algún aspecto del mundo real o ficticio, en el cual el usuario tiene la sensación de pertenecer a ese ambiente sintético o interactuar con él. La RV permite interactuar con mundos tridimensionales de una manera más natural, por ejemplo, un usuario puede realizar acciones dentro de un modelo virtual, desplazarse, moverse, caminar a través de él o levantar cosas, y de esta forma experimentar situaciones que se asemejan al mundo real”. (7)

CMMI.

CMMI (Modelo de madurez y capacidad integrado) es un modelo que brinda una guía con los elementos esenciales para que las organizaciones puedan desarrollar software con una alta calidad. Este modelo fue creado por el SEI, centro de investigación y desarrollo adscrito a la Carnegie Mellon Universidad de Philadelphia con el objetivo de:

- Proporcionar un marco que ayude a la organización a mejorar sus procesos.
- Proporcionar una guía para mejorar la capacidad de desarrollar, adquirir y mantener los productos o servicios que proporciona una organización.
- Describir un conjunto de buenas prácticas, tanto de gestión como de ingeniería.

CMMI permite a las organizaciones ver cual es su nivel de madurez y su capacidad en cuanto a los procesos que se llevan a cabo en ella. Durante los últimos años CMMI se ha convertido en uno de los estándares de calidad de software más importantes por lo que puede considerarse como el estándar de mayor aceptación de esta disciplina.

La versión más reciente de CMMI es el documento “CMMI for Development”, versión 1.2.

Para poder implementar este modelo lo primero que debe hacerse es escoger el tipo de representación que se desea por parte de la institución; los tipos de representación que pueden ser escogidos son:

- Representación Continua.
- Representación Escalonada.

En cualquiera de los dos casos las áreas de proceso, objetivos y prácticas son los mismos. La diferencia entre ambas representaciones está en el orden en el que se lleva a la práctica la mejora de procesos:

- En el caso de la representación continua, se seleccionan los procesos a mejorar en el orden que la organización considere oportuno en base a sus objetivos de negocio. Para cada área de proceso existen unos niveles de capacidad (de 0 a 5) que proporcionan una indicación acerca del orden en el que se debe abordar la mejora dentro de cada una de ellas.
- En el caso de la representación escalonada las áreas de proceso a mejorar se eligen en un orden predefinido que viene dado por su asignación a niveles de madurez de la organización.

En las representaciones continua y escalonada están presentes diferentes niveles de capacidad y madurez respectivamente.

En la representación escalonada, los niveles de madurez son acumulativos lo que significa que para alcanzar cada uno de ellos deben implementarse tanto las áreas de proceso específicas de ese nivel como las de todos los niveles inferiores.

En la representación continua las áreas de procesos de este modelo son agrupadas en cuatro grupos:

- **Gestión de proceso:** Incluye las áreas de proceso que tienen que ver con la definición, planificación e implementación de los procesos en la organización.
- **Gestión de proyecto:** Incluye las áreas de proceso que cubren las actividades de planificación y seguimiento de los proyectos.
- **Ingeniería:** Incluye las áreas de proceso relacionadas con las actividades de desarrollo y mantenimiento de los productos fabricados por la organización.
- **Soporte:** Incluye las áreas de proceso que describen actividades realizadas en el contexto de otros procesos y que sirven como apoyo en el desarrollo de productos.

Cada área de proceso esta compuesta por los siguientes elementos:

- **Objetivos específicos (SG) y objetivos genéricos (GG):** Estos permiten conocer cuales son las actividades que la organización debe realizar para poder asegurar que el área de proceso está implementado. Los objetivos específicos solo se aplican a un área de proceso, mientras que los objetivos genéricos aparecen en varias.
- **Prácticas específicas (SP) y prácticas genéricas (GP):** Son el conjunto de actividades que una organización suele llevar a cabo para cumplir los objetivos de cada área de proceso. No obstante, no son obligatorias para el correcto cumplimiento del área de proceso. Las prácticas genéricas tienen como objetivo asegurar que los procesos se llevarán a cabo de forma eficaz, repetible y duradera.
- **Productos típicos, subprácticas, notas, referencias, etc.** son elementos que pueden servir para ayudar a entender los objetivos y prácticas, y la mejor manera de abordarlas.

En esta investigación se le dará tratamiento a una de estas importantes áreas, específicamente del nivel 3 el área de proceso Administración de Riesgos.

Riesgos.

El SEI (Software Engineering Institute) define al riesgo como “la posibilidad de sufrir una pérdida”. (8)

Pressman define el riesgo como “la posibilidad que un evento adverso, desgracia o contratiempo pueda manifestarse produciendo una pérdida”. (9)

“Un riesgo es la probabilidad de que un proyecto experimente sucesos no deseables, como retrasos en las fechas, excesos de costo, o la cancelación directa”. (10)

El Proceso Unificado de Desarrollo de Software, define un riesgo como “un asunto que tiene cierto grado de probabilidad de poner en peligro el éxito de un proyecto”. (11)

Fuentes de Riesgos

En un proyecto productivo es importante determinar las fuentes de riesgo y debe ser uno de los primeros pasos a realizar, pues mediante éstas se puede examinar las posibles situaciones por las que el proyecto atraviesa. Las fuentes de riesgo se pueden clasificar en internas o externas al proyecto y son usadas para identificar las diferentes áreas en la que se puede presentar un riesgo.

¿Qué es un riesgo de **fuentes interna**? Es todo aquel problema detectado que pueda traer consigo un efecto negativo para el proyecto influyendo en el producto de software que se desarrolla. Será provocado por definiciones erróneas o algún otro error que se pueda cometer por parte del equipo de trabajo y los mismos podrán mitigarse dentro del marco del proyecto sin la influencia de un agente externo.

¿Qué es un riesgo de **fuentes externa**? Es todo aquel problema detectado que pueda traer consigo un efecto negativo para el proyecto influyendo en el producto de software que se desarrolla. Será provocado por agentes externos al proyecto o al equipo de trabajo dificultando en ocasiones la mitigación del riesgo pues puede darse el caso que la solución no dependa del equipo de trabajo.

Será más fácil de mitigar un riesgo provocado por una fuente interna ya que este dependería del equipo del trabajo. Dicho equipo debe tener los recursos necesarios para solucionar el problema. En el caso de los riesgos externos se puede tornar un poco más difícil su mitigación pues se podrá dar el caso que no se cuente con los recursos necesarios para realizar esta acción o que no dependa la misma de los integrantes del proyecto.

Parámetros de los Riesgos

En un proyecto, es importante que sean definidos los parámetros utilizados para analizar y clasificar los riesgos pues sin la determinación de estos, sería casi imposible evaluar el grado de daño que pueda ocasionar un riesgo, dar prioridad a cada uno de ellos y tomar las medidas pertinentes para atenuar el daño que puedan causar los mismos. Entre los parámetros más importantes para evaluar, clasificar y dar prioridad a riesgos se encuentran:

- La probabilidad de ocurrencia de riesgos.
- El impacto y la gravedad de ocurrencia de riesgo.
- Umbral del riesgo.

Tanto la probabilidad como el impacto (también llamada severidad) se adaptarán para cada proyecto en específico. En dependencia de sus características y objetivos serán evaluados de forma diferente. El riesgo siempre implica dos características:

Incertidumbre: El acontecimiento que caracteriza el riesgo puede o no ocurrir; por ejemplo, no hay riesgo de un 100 % de probabilidad.

Pérdida: Si el riesgo se convierte en una realidad, ocurrirán consecuencias no deseadas o pérdidas.

Identificación de los Riesgos

“La Identificación de Riesgos en proyectos de software consiste en la determinación de elementos de riesgos potenciales mediante la utilización de algún método consistente y estructurado. Este es probablemente, el paso más importante entre todos aquellos que componen las actividades de Administración de Riesgos.” (12)

“La identificación del riesgo es un intento sistemático para especificar las amenazas al plan del proyecto (estimaciones, planificación temporal, carga de recursos, etc). Identificando los riesgos conocidos y predecibles, el gestor del proyecto da un paso adelante para evitarlos cuando sea posible y controlarlos cuando sea necesario”. (4)

“Al realizar la identificación de los riesgos, es fundamental lograr una clara descripción de los mismos, de forma tal que el mismo pueda ser comprendido y manejado adecuadamente cuando se le enuncie, considerando no sólo el síntoma sino también sus consecuencias y su clasificación.” (13)

El resultado de la identificación de riesgos es una lista contenedora de todos los riesgos que se han identificados y su categoría correspondiente. Estos influyen en la planificación del proyecto, por tanto es uno de los primeros pasos en el ciclo de vida del software, o sea, al principio de la fase de inicio se realizará la creación de la Lista de Riesgos de cada proyecto.

Importancia de realizar la determinación de los Riesgos.

“Sin la correcta determinación de los riesgos, no es posible desarrollar e implementar anticipadamente respuestas apropiadas a los problemas que puedan surgir en el proyecto.” (12)

Al identificar los riesgos, como resultado se obtiene una lista conteniendo los posibles riesgos identificados para el proyecto y su categoría correspondiente.

Por otra parte existen riesgos que han de ser mitigados para poder ofrecer una planificación, un coste y para determinar un objetivo de calidad. Los mismos son identificados en la fase de inicio y el equipo intenta materializarlos, estos son los llamados riesgos críticos.

Todo proyecto informático debe proponerse minimizar el impacto de los riesgos para obtener un producto con mayor calidad, teniendo en cuenta que ésta no sólo se relaciona con el producto sino también con el proceso. Esto contribuye a un mejoramiento continuo de la calidad, permitiendo ofrecer al usuario un producto final óptimo que satisfaga sus expectativas y exigencias.

“El riesgo implica cambio, que puede venir dado por cambios de opinión, de acciones, de lugares... el riesgo implica elección y la incertidumbre que entraña la elección. Por tanto, el riesgo, como la muerte y los impuestos, es una de las pocas cosas inevitables en la vida”. (14)

Estrategia ante la ocurrencia de Riesgos.

Actualmente han quedado definidas dos estrategias frente a la ocurrencia de los riesgos, estas son: la reactiva y la proactiva.

La estrategia reactiva supervisa el proyecto en previsión de posibles riesgos pero lo más frecuente es que el equipo de software no haga nada respecto a los riesgos hasta que algo ande mal. Sin embargo una estrategia un poco más inteligente es la **proactiva**, la cual empieza mucho antes de que comiencen los trabajos técnicos. Se identifican los riesgos potenciales, se evalúa su probabilidad y su impacto y se establece una prioridad según su importancia, estableciéndose por último un plan para controlar dichos riesgos.

“Si usted no ataca los riesgos activamente, ellos le atacaran activamente a usted”. (15)

El software es una empresa difícil, muchas cosas pueden ir mal o se puede decir que a menudo van mal. Esta es la razón para estar preparados comprendiendo los riesgos y tomando las medidas proactivas para evitarlos o administrarlos.

Tratamiento de los Riesgos

Según el Proceso Unificado del Desarrollo del Software (RUP) una vez que se han identificado y priorizado los riesgos, el equipo decide cómo tratar cada uno de ellos. Cuentan fundamentalmente con 4 elecciones: evitarlo, limitarlo, atenuarlo o controlarlo. Existen riesgos que pueden y deberían ser evitados. Esto puede hacerse cambiando algún requisito o a través de la replanificación de proyecto.

Algunos riesgos pueden restringirse de forma tal que sólo una parte del proyecto se vea afectada. Otros riesgos pudieran atenuarse a través de la ejercitación y observación de los mismos, en caso de aparición. La parte favorable es que el equipo de trabajo ha aprendido un poco más acerca del mismo.

Hay riesgos que no pueden ser atenuados, solamente el equipo tendrá la opción de controlarlos y estar atentos mediante la observación y el monitoreo. En caso de materialización el equipo de trabajo debe recurrir a los planes de contingencias que tengan definidos. Si se presenta un riesgo de esos que puede ser desbastador para el proyecto se debe realizar un análisis de la situación en cuanto a seguir o no adelante con el proyecto. Si esto ocurriera en las primeras iteraciones, el proyecto tiene poco tiempo de vida y ha gastado una cantidad limitada de dinero. En caso de que esto ocurra de esta forma sería una muestra de un buen trabajo realizado.

Tratar los riesgos como es debido lleva su tiempo, implantar estrategias de cómo evitarlos trae consigo trabajo. Para la atenuación de los mismos puede que le equipo construya algo que lo haga evidente. Para controlar un riesgo hay que crear, poner en marcha y ejecutar un mecanismo de control lo cual conlleva a un esfuerzo de desarrollo importante, ya que el tratamiento de estos consume tiempo y es muy raro y difícil que una organización pueda tratarlos todos a la vez.

Administración de Riesgos.

El análisis y la administración de riesgos son una serie de pasos que ayudan al equipo del software a comprender y a gestionar la incertidumbre de que pueda ocurrir o no un riesgo.

La Administración de Riesgos es un proceso que debería llevarse a cabo como parte de las actividades habituales de cada proyecto dedicadas a la generación y/o mantenimiento de software.

La Administración de Riesgos se define como “el proceso formal en el que los factores de riesgos son sistemáticamente identificados, evaluados y mitigados”. (8)

La Administración de Riesgos es la práctica compuesta por procesos, métodos y herramientas que posibilitan la gestión de los mismos en un proyecto, desde su inicio en la primera etapa del proyecto y a lo largo de todo su ciclo de vida. En un marco amplio implica que las estrategias, procesos, personas, tecnologías y conocimientos estén alineados para manejar toda la incertidumbre que una organización enfrenta. Al realizar la Administración de Riesgos es fundamental lograr una clara descripción del riesgo de forma tal de que el mismo pueda ser comprendido y manejado adecuadamente. Cuando se enuncia, no sólo debe considerarse el síntoma sino también sus consecuencias. En CMMI, se decidió centralizar la administración de riesgos, por lo que se logra que cada área realice actividades más cohesivas, y todo lo que tiene que ver con riesgos se lleva a cabo en una sola área de procesos. El constante chequeo que se le va realizando al desarrollo del proceso, es considerado una parte importante en la administración de riesgos. La misma debe tratar las condiciones que podrían poner en peligro el logro de objetivos críticos. El acercamiento (chequeo) continuo de la administración de riesgos se aplica para anticipar y para atenuar con eficacia los riesgos que pueden tener un impacto crítico en el proyecto. La administración de riesgo eficaz incluye la identificación temprana del riesgo.

La Administración de Riesgo puede ser dividida en tres porciones: **definir una estrategia de administración** de riesgo; **identificar y analizar** los riesgos y **manejar riesgos identificados**, incluyendo la puesta en práctica de los planes de mitigación y contingencia del riesgo cuando sea necesario.

Objetivos de la Administración de Riesgos.

El objetivo que plantea CMMI para el área de proceso Administración de Riesgo es identificar potenciales problemas antes de que estos ocurran para poder planear una serie de actividades durante la realización y vida del producto. Los mismos se satisfacen mediante la puesta en marcha de mecanismos formales para manejar los riesgos. No basta simplemente con identificarlos y administrarlos en la medida que vaya ocurriendo; aquí será necesario establecer un proceso para definir y ejecutar una estrategia

para gestionarlos. Esto permite actuar de manera anticipada para mitigar efectos negativos, permitiendo además planificar actividades para manejarlos y actuar a medida que sea necesario durante todo el ciclo de vida del producto.

Objetivos y Prácticas para el área Administración de Riesgo de CMMI.

Cada área de proceso esta compuesta por un conjunto de metas y prácticas específicas. El mismo destaca las metas y las prácticas específicas de esta área de proceso.

A continuación se hace referencia a cada una de ellas:

OE (Objetivos Específicos)

OE 1: Prepararse para la administración de riesgos.

La preparación se lleva a cabo mediante la creación y el mantenimiento de una estrategia para la identificación, análisis y mitigación de riesgos. La estrategia de Administración de riesgos direcciona las acciones específicas y el enfoque de gestión utilizado para aplicar y controlar el programa de Administración de riesgos.

PE (Prácticas Específicas)

PE 1.1 Determinar las fuentes de riesgo y categorías: La identificación de fuentes de riesgo proporciona una base para examinar sistemáticamente las situaciones que pueden variar en el tiempo, para descubrir las circunstancias que afectan a la capacidad del proyecto para cumplir sus objetivos y el establecimiento de categorías de riesgos proporciona un mecanismo para recopilar y organizar los riesgos así como garantizar la adecuada gestión de control y atención de los riesgos que puede tener consecuencias más graves en el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

PE 1.2 Definir parámetros de riesgo: Los parámetros de riesgo se utilizan para proporcionar un criterio común y coherente para comparar los diversos riesgos que deben gestionarse. Sin estos parámetros, sería muy complejo evaluar la gravedad de los cambios no deseados causado por el riesgo y dar prioridad a las medidas necesarias para la planificación de reducción del riesgo.

PE 1.3 Establecer una estrategia de administración de riesgos: Se establece y se mantiene la estrategia que se utilizará para la gestión del riesgo. La estrategia de administración de riesgos debe guiarse por una visión común del éxito que describe los resultados deseados del proyecto futuro en términos del producto que se entrega, su coste y su idoneidad para la tarea.

OE 2: Identificar y analizar riesgos.

Los riesgos se identifican y analizan para determinar su importancia relativa. El análisis de riesgos implica la identificación de riesgos de las fuentes internas y externas identificadas y, a continuación, la evaluación de cada riesgo identificado para determinar su probabilidad y consecuencias.

PE 2.1 Identificar riesgos: Se identifican los diferentes problemas, amenazas y vulnerabilidades que pudieran afectar de manera negativa. Los riesgos deben estar redactados de la forma más clara posible para que puedan ser analizados y gestionados correctamente.

PE 2.2 Evaluar, Categorizar y Priorizar Riesgos: Se evalúa y clasifica cada riesgo identificado usando las categorías de riesgo definidas y los parámetros y se determina su prioridad relativa. La evaluación de riesgos es necesaria para asignar una importancia relativa a cada riesgo identificado, y se utiliza para determinar cuándo la atención de gestión adecuada es requerida.

OE 3: Mitigar riesgos.

Los riesgos se manipulan y mitigan cuando es apropiado, para reducir los impactos adversos en el alcance de los objetivos. El plan de mitigación de riesgos es desarrollado e implementado para seleccionar de manera proactiva los riesgos para reducir el impacto potencial de ocurrencia del mismo. Esto puede incluir planes de contingencia para hacer frente a los efectos de determinados riesgos que pueden ocurrir a pesar de los intentos de mitigarlos.

PE 3.1 Desarrollar planes de mitigación de riesgo: Se desarrolla un plan de mitigación de riesgo para los riesgos más importantes del proyecto, tal como se define por la estrategia de Administración de riesgos. Un componente fundamental de un plan de

mitigación del riesgo es el desarrollo de cursos alternativos de acción, y las posiciones de repliegue, con un curso de acción recomendado para cada riesgo crítico.

PE 3.2 Implementar planes de mitigación de riesgo: Se vigila el estado de cada riesgo periódicamente y se pone en práctica el plan de mitigación de riesgos, como es apropiado.

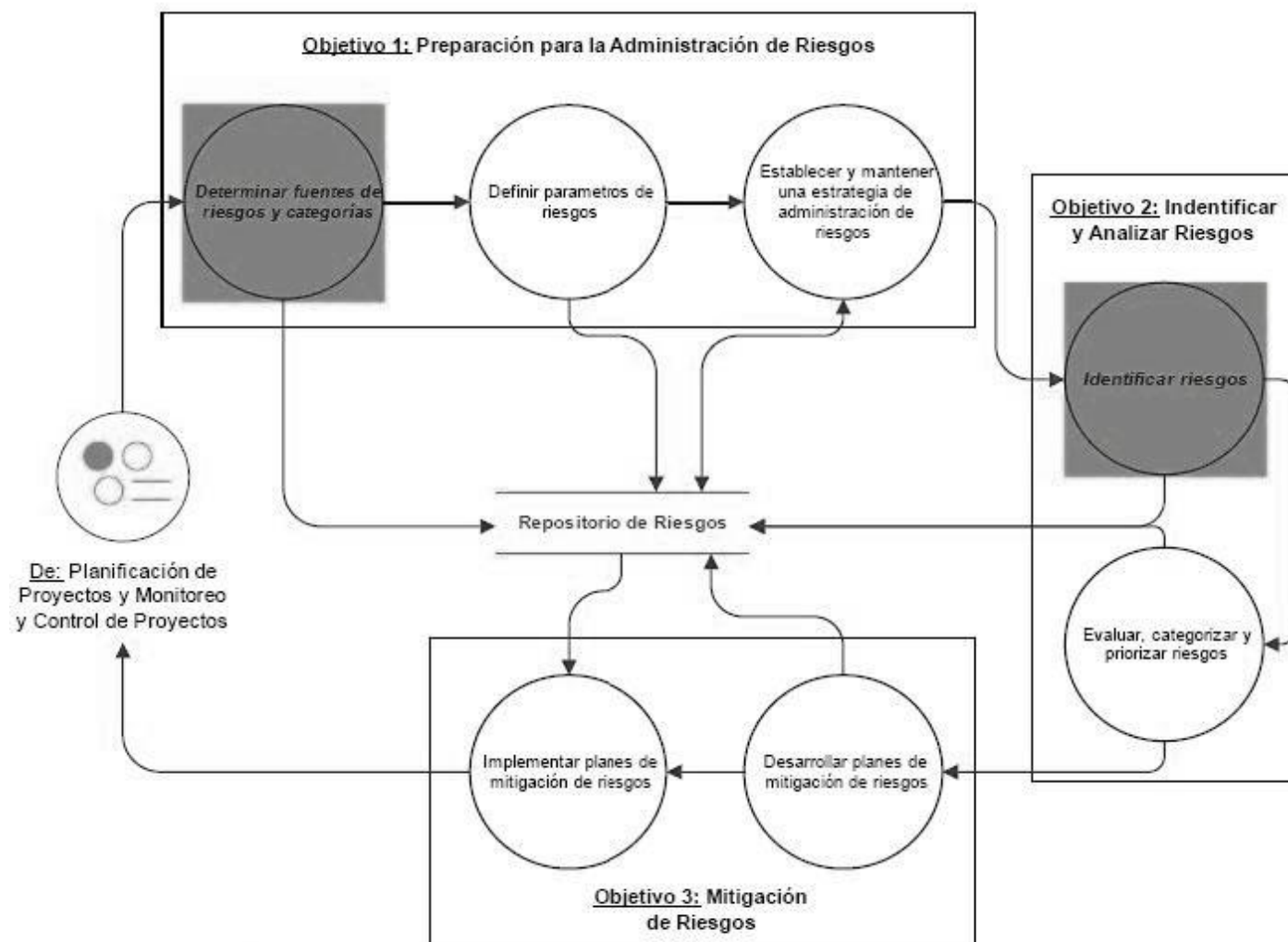


Fig 1 Área de Proceso de Administración de Riesgos. CMMI

A lo largo de este capítulo, como base para el entendimiento de la investigación realizada, se profundizó en los elementos fundamentales del Modelo CMMI el cual cuenta con varias áreas de procesos, incluyendo la estudiada en esta investigación. Se tocaron además los principales temas relacionados con el área de proceso Administración de Riesgos de CMMI v1.2, así como las metas y prácticas específicas de esta área como punto principal de partida para una buena fundamentación del tema.

A partir de los elementos especificados en el Área de procesos analizada en este capítulo se podrá proponer una guía para la administración de riesgos en Proyectos Productivos de Realidad Virtual.

Resultados.

En este capítulo se propone una guía metodológica que permita administrar los riesgos en Proyectos Productivos de Realidad Virtual. Su propósito es establecer una estrategia para administrar los riesgos. El trabajo a realizar se desglosará en actividades fundamentales como: preparación, identificación, análisis y mitigación de riesgos.

Mediante la misma se pretende dejar creado un documento por el cual los proyectos productivos de Realidad Virtual de la facultad 5 puedan guiarse y de esta forma, facilitar el trabajo de administración de los Riesgos dentro de cada proyecto.

Establecer una estrategia de administración de riesgos.

Para lograr una óptima administración de riesgos al inicio del desarrollo de cada proyecto se debe realizar una reunión en la que se definan todos los roles necesarios para el desarrollo del mismo, así como la asignación de estos a cada integrante del equipo de trabajo. Para la administración de riesgos es necesario contar con roles como: Líder del proyecto, Administrador de la Calidad, Planificador y Documentador.

Al establecer una estrategia de administración desde el inicio, se dejarán sentadas las bases para administrar los riesgos de los proyectos productivos de Realidad Virtual. Los mismos deben guiarse por los aspectos que se definen a continuación:

- Determinar las fuentes de riesgos.
- Determinar las categorías de riesgos.
- Definir parámetros.

Determinar las fuentes de Riesgos.

Las fuentes de riesgo se deben clasificar en internas o externas al proyecto y deben determinarse según los posibles riesgos que un proyecto pueda presentar. Las fuentes internas serán la causa provocadora de algún error que se pueda cometer por parte del equipo de trabajo por ejemplo: si ocurriera un error en el código, la fuente interna provocadora de este riesgo sería el programador ya sea por desconocimiento del lenguaje o mal entendimiento del problema o situación.

Como fuentes externas se definen aquellas que provienen del entorno, es decir, provocadas por agentes externos al proyecto como pueden ser: la dirección de la Facultad, clientes, entre otros. Por ejemplo: ante la petición del cliente de un cambio de sistema operativo, la fuente externa provocadora de este riesgo sería el cliente.

La determinación de las fuentes de riesgos es tarea del líder de proyecto y del administrador de calidad. Se llevará a cabo en un encuentro con los responsables de esta tarea inmediatamente que sean definidos y asignados los roles dentro del proyecto.

Determinar las categorías de Riesgos.

En cada proyecto productivo se deben categorizar cada uno de los riesgos que amenazan el buen desarrollo del software. Su líder, acompañado del administrador de calidad serán los responsables de esta actividad, la cual se llevará a cabo en un encuentro con los responsables de esta tarea inmediatamente que sean definidos y asignados los roles dentro del proyecto, es decir, se realizará conjuntamente con la determinación de las fuentes de riesgos..

Para los proyectos productivos de Realidad Virtual existen entre otras categorías específicas de riesgos como:

- Diseño Gráfico.
- Integración.

Diseño Gráfico: Aquí se clasificarán aquellos riesgos que representan una amenaza para el diseño del producto de software. *Por ejemplo: Utilización de texturas que no estén acorde con las especificaciones del producto. Si el cliente pide el diseño en 3D de una ciudad determinada o algo en específico, hay que estudiar el entorno real que se solicita modelar.*

Integración: Se incluirán los riesgos que se encuentran relacionados con la falta de compatibilidad a la hora de conectar la programación (código fuente), la herramienta y el diseño 3D del producto *Por ejemplo: Utilización de motores gráficos y entornos virtuales desconocidos por parte de los proyectos que utilizarán los mismos, lo que puede generar problemas al conectarlos con el código.*

Se pueden agrupar los riesgos en los proyectos productivos de Realidad Virtual atendiendo a otras categorías como:

- Implementación.
- Organizacional.

- Recursos.
- Estimación.
- Prueba.

Implementación: Se clasificará en esta categoría todo riesgo que indique problemas relacionados con la programación o implementación del software. *Por ejemplo:*

Que el lenguaje de programación cambie muy a menudo y no se actualicen los cambios, ya que puede darse el caso que dicho lenguaje varíe de una versión del producto a otra. En un simulador para la rama de medicina se pueden presentar errores o problemas en la implementación de funcionalidades, como pueden ser juego de luces y colisiones. **Organizacional:** En esta categoría se incluirán todos los riesgos que influyan en la organización interna y desempeño del proyecto. *Por ejemplo: Falta de personal requerido para cada proyecto, falta de capacitación a sus integrantes, asignación de tareas que no estén en correspondencia con la misión del proyecto. Además, falta de comunicación con alguna de las partes involucradas en el desarrollo del proyecto y los riesgos provocados a partir del levantamiento de requisitos.*

Recursos: Aquí se incluyen los riesgos tecnológicos (entiéndase por esto, riesgos que sean provocados por problemas con la tecnología), los de medios básicos, recursos humanos, y financieros. *Por ejemplo: Fallos excesivos del fluido eléctrico, rotura de máquinas, escases de sillas.*

Estimación: Estimaciones incorrectas de tiempo. Esto puede provocar cambios en el cronograma de trabajo establecido por el grupo de desarrollo del proyecto.

Prueba: Corresponde esta categoría a posibles riesgos a ocurrir durante la realización de pruebas al software. *Por ejemplo: No configurar el ambiente de prueba correctamente. En los casos de prueba no definir los flujos alternos.*

La plantilla propuesta por la Dirección de Calidad de Software (DCS): Lista de Riesgos tiene una columna para categorizar los riesgos. Es en este artefacto donde debe quedar reflejada dicha categorización cuando se efectúe el análisis de los riesgos.

Definir parámetros de Riesgos.

El encargado de definir los parámetros de riesgo en un proyecto de Realidad Virtual es su líder, acompañado del administrador de calidad, debido a que éste último es el máximo responsable de la calidad del software dentro del equipo de trabajo. Entre los parámetros para evaluar, clasificar y dar prioridad a riesgos se encuentran:

- La probabilidad de ocurrencia de un riesgo.
- El impacto o gravedad de ocurrencia del riesgo.
- Umbral del riesgo.

La definición de dichos parámetros se llevará a cabo en un encuentro con los responsables de esta tarea inmediatamente que sean definidos y asignados los roles dentro del proyecto.

Probabilidad de ocurrencia de un riesgo:

Para evaluar la probabilidad de un riesgo, uno de los métodos que se debe utilizar es el de la escala relativa que representa valores de probabilidad como son:

- Poco Probable.
- Probable.
- Altamente probable.

Como alternativa para evaluar la probabilidad, se pueden usar probabilidades numéricas en base a una escala general. Estimación de la Probabilidad:

Poco Probable ----- 0.1 – 0.4

Probable ----- 0.5 – 0.7

Altamente Probable ----- 0.8 - 0.9

La probabilidad de ocurrencia de un riesgo será sólo un valor aproximado según la apreciación en cada proyecto después de realizar un análisis detallado de cada uno de éstos. Es muy importante tener en cuenta que la misma no se debe definir como nula ya que sería una contradicción, pues significa que no ocurrirá nunca el riesgo. De forma similar ocurre con una probabilidad absoluta o con valor 1, estaríamos afirmando que la situación sería real, aspecto erróneo pues un riesgo nunca es 100% probable y siempre posee un margen de incertidumbre. Por tanto, en caso de dar un valor numérico a la probabilidad, ésta oscilará entre 0.1 y 0.9.

El impacto o gravedad de ocurrencia del riesgo.

Este proceso se llevará a cabo de forma similar a la estimación de la probabilidad, teniendo en cuenta que las escalas relativas de impacto son simplemente descriptores ordenados por rangos tales como:

- Insignificante.
- Marginal.
- Significativo.
- Crítico.
- Catastrófico.

Insignificante: Como su nombre lo indica incluirá los riesgos que a pesar de ser reconocidos causarán efectos tan insignificantes que se pueden menospreciar.

Marginal: Incluye riesgos de poca trascendencia para el proyecto, efectos simples o de poca gravedad.

Significativo: Riesgos que con su ocurrencia traen consigo daños significativos sobre los objetivos del proyecto.

Crítico: Los riesgos que sean clasificados en esta categoría, serán aquellos que al presentarse crearán situaciones críticas dentro del proyecto.

Catastrófico: Son aquellos riesgos que causan un daño abismal, se puede comparar con una catástrofe debido al grado de gravedad con que afectan los objetivos del proyecto.

Como alternativa, se usarán escalas numéricas que asignan valores a dichos impactos. Estos valores deben ser: 1, 2, 3, 4, 5 en correspondencia con las categorías anteriormente explicadas.

Umbral del riesgo.

En este parámetro se definirá una estimación para darle valor a un riesgo a partir del cual, los efectos de éste empiezan a ser perceptibles. Esto se hará partiendo del impacto de los riesgos dentro del proyecto. Los riesgos insignificantes y marginales serán identificados pero no se les planteará un plan de mitigación sino que se les dará seguimiento para cuando sobrepasen la categoría de marginal.

Sólo cuando un riesgo haya sobrepasado este umbral es que se considerará el mismo para establecerle un plan de mitigación; entiéndase por sobrepasar el umbral de riesgo aquellos que se clasifiquen como: Significativos, Críticos o Catastróficos.

Identificar los Riesgos

La identificación de riesgos es un proceso que se lleva a cabo a lo largo de todo el ciclo de desarrollo del software. En esta actividad deben participar el líder del proyecto, el administrador de la calidad como máximo responsable de esta actividad y además todos los miembros del equipo del proyecto. Se pueden invitar también expertos en el tema, ajenos al equipo del proyecto para de esta forma ir conformando la Lista de Riesgos.

Para identificar los riesgos en los proyectos productivos de Realidad Virtual se propone que sea aplicada la técnica de trabajo en grupo Tormenta de Ideas. Esta técnica propone como objetivo principal obtener una lista con todas las ideas o situaciones por evidentes o simples que parezcan. Debe haber una persona que dirija la Tormenta de Ideas. En este caso se propone sea el Líder

de Proyecto el cual explicará con todo detalle todo lo relacionado con el producto a realizar. Todos los integrantes del equipo de trabajo deben estar presentes y cada uno debe pedir la palabra al moderador para expresar sus ideas. No se pueden criticar las ideas de los demás. De preferencia, debe quedar constancia de esta actividad, es decir, listar las ideas en un documento o de la forma que lo decida cada proyecto.

En un análisis posteriormente realizado por el Líder de proyecto, se estudiará la validez y calidad de las ideas expuestas. No sólo se tendrán en cuenta los nuevos riesgos detectados y listados, sino que el documentador debe tener en cuenta los antiguos listados de riesgos que posea el proyecto o los identificados para los Polos Productivos y revisarlos detalladamente, ya que puede darse el caso de que existan riesgos que no hayan sido detectados en ese momento. Esto será en el caso que el proyecto haya desarrollado versiones anteriores y cuente con sus antiguos expedientes. La lista de riesgos resultante debe de ser lo más extensa y explícita posible, incluyendo todos los riesgos que en un momento determinado puedan amenazar la calidad del producto de software. A continuación se muestran ejemplos de riesgos (hipotéticos), los cuales se tomarán como caso de estudio para epígrafes posteriores.

1. Utilización de motores gráficos desconocidos por parte de los desarrolladores de los proyectos que utilizarán los mismos.
2. Errores al implementar alguna funcionalidad del sistema.
3. Falta de personal calificado requerido para cada proyecto.
4. Falta de capacitación a los integrantes del proyecto.
5. Falta de comunicación con las partes involucradas en el desarrollo del proyecto.
6. Fallos excesivos del fluido eléctrico.

La plantilla propuesta por la DCS: Lista de Riesgos, es el artefacto donde se listan oficialmente todos los riesgos que se van identificando. Los mismos deben ser enumerados. Además se debe aclarar que dicha lista no es un documento estático, sino que sufrirá modificaciones a lo largo del ciclo de desarrollo del producto a medida que se identifiquen nuevos Riesgos.

Analizar los Riesgos.

En cada proyecto productivo, después de haberse identificado cada uno de los riesgos, el administrador de la calidad debe realizar un análisis de los mismos. Esto consiste en asignarle a cada riesgo una categoría, una fuente y parámetros de riesgos de la forma en que fue definido anteriormente.

Ejemplo a partir de lo planteado en el epígrafe 2.1:

Probabilidad: Poco Probable: 0.1 – 0.4, Probable: 0.5 – 0.7, Altamente probable: 0.8 – 0.9.

Impacto: Insignificante: 1, Marginal: 2, Significativo: 3, Crítico: 4, Catastrófico: 5.

En la Tabla 2.1 se muestran las fuentes, categorías, probabilidad e impacto de los riesgos ya identificados, en el epígrafe 2.2.

Tabla 2.1. Lista de Riesgos.

No	Riesgos	Fuente	Categoría	Probabilidad	Impacto
1.	Utilización de motores gráficos desconocidos por parte de los proyectos que utilizarán los mismos.	Interna	Integración	0.6	5
2.	Errores o problemas al implementar alguna funcionalidad del sistema.	Interna	Implementación	0.5	3
3.	Falta de personal requerido para cada proyecto.	Interna	Organizacional	0.2	3
4.	Falta de capacitación a los integrantes del proyecto.	Interna	Organizacional	0.5	4
5.	Falta de comunicación con alguna de las partes involucradas en el desarrollo del proyecto.	Interna	Organizacional	0.3	5
6	Fallos excesivos del fluido eléctrico.	Externa	Recursos	0.3	4

Como parte del análisis de riesgos se deben priorizar los mismos para de esta forma determinar cuáles son los riesgos que mayor influencia negativa tienen sobre los objetivos del proyecto y cuáles deben ser erradicados con mayor urgencia. Para priorizar cada uno de los riesgos listados, el administrador de la calidad guiado por el líder del proyecto, debe analizar cuantitativamente cada uno de los parámetros definidos y aplicarles una fórmula sencilla que permite ordenarlos al combinar su probabilidad e impacto:

$$\mathbf{FR} = \mathbf{P} + \mathbf{I}.$$

Donde: **FR** es el factor de riesgo

P es la probabilidad de ocurrencia estimada para cada uno de los riesgos identificados

I es el impacto que tendrá el riesgo sobre los objetivos de los proyectos en caso de ser materializado.

La lista de los riesgos una vez priorizados quedaría de la siguiente forma:

1. Utilización de motores gráficos desconocidos por parte de los proyectos que utilizarán los mismos.
2. Falta de comunicación con alguna de las partes involucradas en el desarrollo del proyecto.
3. Falta de capacitación a sus integrantes.
4. Fallos excesivos del fluido eléctrico.
5. Errores o problemas al implementar alguna funcionalidad del sistema.
6. Falta de personal requerido para cada proyecto.

En la plantilla propuesta por la DCS: Lista de Riesgos, es donde se priorizan cada uno de los riesgos que se encuentran listados oficialmente. Estos se ordenarán de manera descendente atendiendo a su prioridad. Para esto, se tomará el valor obtenido en la fórmula planteada anteriormente, o sea, el riesgo que mayor factor de riesgo (**FR**) tenga dentro del proyecto, será al que se le asigne una mayor prioridad.

Mitigar los Riesgos

Al llegar a este punto cada proyecto productivo de Realidad Virtual deben haber realizado los pasos descritos en cada uno de los epígrafes anteriores. Antes de poner en marcha el plan de mitigación para un determinado riesgo, se debe realizar un análisis del costo/beneficio del mismo, evitando de esta forma la gestión de riesgos que al manifestarse, causan menos estragos o daños al proyecto que desarrollando una mitigación para el mismo. En este caso, no se le dará ningún tratamiento y simplemente se asumirá el riesgo. Lo mismo sucederá al analizar los umbrales de riesgos, mientras que estos no sean sobrepasados, no se planteará mitigación alguna. Si esto sucede, deberá ser informado al planificador para que éste refleje estos elementos en el plan

de desarrollo. En caso contrario, cada uno de estos proyectos para realizar la mitigación de los riesgos, deberán desarrollar las actividades que se muestran a continuación:

- Desarrollar Plan de mitigación de riesgo.
- Desarrollar Plan de Contingencia.
- Implementar planes de mitigación de riesgo.
- Seguimiento y control de un riesgo.

Desarrollar Planes de Mitigación de Riesgos.

El plan de mitigación de riesgos no es más que proponer el desarrollo de una serie de pasos o acciones minuciosas que permitan a los proyectos productivos de Realidad Virtual reducir aquellos riesgos más importantes o amenazadores. Para esto se buscarán las causas que originan cada riesgo, y las acciones a tomar para reducir los mismos, al igual que en la identificación de riesgos esto se podrá realizar a través del trabajo en grupo realizando Tormentas de Ideas.

Para llevar a cabo el Plan Mitigación de Riesgo, el líder del proyecto junto al administrador de la calidad se debe centrar en los riesgos que tengan un mayor factor de riesgo. Estos son los riesgos más críticos del proyecto, y por ende, deben ser priorizados para tratarlos y así evitar que se materialicen.

En caso de que existan una gran cantidad de riesgos con un alto factor de riesgo, se deberán fraccionar los mismos en pequeños grupos conformados por no más de 8 riesgos. A este primer grupo se le dará el debido tratamiento, luego se procede al grupo siguiente y así sucesivamente.

Ejemplo de mitigación de un riesgo:

Riesgo: Utilización de motores gráficos desconocidos por parte de los proyectos que utilizarán los mismos.

Mitigación del riesgo: Estudiar la herramienta a utilizar (motor gráfico), en caso que no se tenga conocimiento acerca de la misma.

En cada proyecto productivo de Realidad Virtual, para asignar al responsable de mitigar cada uno de los riesgos críticos presentados, el administrador de calidad puede guiarse por la categoría a la que pertenece el riesgo. Este le informará al planificador el rol que se relaciona con este riesgo y el planificador es el encargado de seleccionar el responsable en cuestión. Para un mejor control de esta actividad, se debe llevar constancia del nombre y apellido del responsable asignado. De esta forma, el trabajo no quedará sin control y en tiempos futuros si ocurre alguna inconformidad se sabrá a quien responsabilizar.

Desarrollar Planes de Contingencia.

En caso de que un riesgo a pesar de haberse establecido una mitigación para atenuarlo llegue a ocurrir, se definirá un plan proactivo para el manejo del riesgo, el cual lleva por nombre Plan de Contingencia. El Plan de Contingencia no es más que la acción o acciones que el proyecto como organización llevará a cabo en caso de que un riesgo se materialice. En el mismo estará bien detallado qué se hará, de qué forma y hasta qué punto será aceptada la situación.

Por ejemplo:

Ante la **ocurrencia del riesgo:** Utilización de motores gráficos desconocidos por parte de los proyectos que utilizarán los mismos.

El **plan de contingencia a seguir** sería: Realizar rápidamente un cambio de herramienta (motor gráfico).

Implementación de los planes.

En los proyectos productivos de Realidad la implementación de los planes de mitigación de riesgo, de contingencia o ambos, es tarea del integrante del proyecto que asume el rol relacionado con el riesgo y éste deberá ejecutar cada una de las medidas previstas. Esta actividad será supervisada por el líder del proyecto.

En la implementación de estos planes, juega un papel importante el planificador del proyecto pues éste debe planificar cuánto tiempo se dedicará a estas acciones en correspondencia con la gravedad de la misma y cuan trabajoso puede resultar darle una

óptima solución. El integrante del proyecto encargado de asumir el rol relacionado con el riesgo, no debe retrasarse demasiado en sus demás tareas o implicaría un atraso en el cronograma de trabajo, por tanto, el planificador tendrá que establecer un calendario o período de tiempo finito donde quedará bien establecida la fecha de inicio y de terminación para la manipulación de cada riesgo.

Seguimiento y control de un riesgo.

En cada proyecto de Realidad Virtual se deberá realizar un constante seguimiento a cada uno de los riesgos que han sido mitigados. Esta vigilancia servirá para verificar el estado en que se encuentra cada riesgo después de haber realizado el plan de mitigación o el plan de contingencia y si estas acciones han sido efectivas se debe actualizar la situación de los mismos.

Además, en caso de que surjan otros riesgos, se deben adicionar a la lista de riesgos realizándole todo el proceso descrito anteriormente.

Todo tipo de riesgo debe ser manipulado. Como una técnica sencilla para llevar un control y constancia de ello, el planificador puede agregar como un aspecto más de las reuniones del proyecto periódicamente realizadas el análisis de dicha manipulación, donde se dará a conocer a todo el equipo de trabajo el estado de cada riesgo. De esta forma todos se mantendrán constantemente informados de cómo va progresando cada situación. Con esto se garantizará la ejecución de la actividad, pues los responsables tendrán que rendir cuenta públicamente a todo el equipo de trabajo.

Conclusiones

Con el desarrollo del presente trabajo se da cumplimiento al principal objetivo del mismo que ha sido mostrar una guía metodológica que le permita a los proyectos productivos de Realidad Virtual de la Facultad 5 administrar los riesgos adecuadamente.

Los principales resultados obtenidos en este trabajo se relacionan a continuación:

1. Se realizó un estudio de elementos teóricos relacionados con la Administración de Riesgos entre ellos lo planteado en el Área de Procesos Administración de Riesgos de CMMI v1.2 lo que sentó las bases para la propuesta de guía metodológica para administrar los Riesgos en Proyectos de Realidad Virtual.
2. Se presentó la propuesta de guía metodológica para la Administración de Riesgos en Proyectos de Realidad Virtual, definiendo como actividades más importantes el establecimiento de la estrategia de administración de Riesgos, la identificación, el análisis y la mitigación de los Riesgos.

Referencias Bibliográficas

1. Introducción a la Gestión de Software. Principios de Calidad establecidos en la UCI. Departamento de Ingeniería y Gestión de Software de la UCI. Ciudad de la Habana: s.n., 2007.
2. Software Engineering Institute. CMMI® for Development, Version 1.2. 2006.
3. Humphrey, Watts S. Introducción al Proceso Software Personal. La Habana: Félix Varela, 2005.
4. Pressman, Roger S. Ingeniería de Software. Un enfoque práctico. La Habana: Félix Varela, 2005.
5. Definición de Realidad Virtual [En línea. Disponible en:
http://usuarios.lycos.es/artofmusic/the_matrix_vr/realidad_virtual.html].
6. Aukstakalnis, Steve and Blatner, David. The Art and Science of Virtual Reality. : Peach Pit Press, 1992.
7. Ericka Corrado Padilla, Julián J. Delgado y Salvador Castañeda. Supercomputadora. CICESE2000. [En línea. Disponible en <http://telematica.cicese.mx/computo/super/cicese2000/realvirtual>].
8. Institute, Software Engineering. CMMI A-Specification v 1.6. 2004.
9. Pressman, Roger S. Ingeniería del software. Un enfoque práctico. 2001.

10. Fowler, Martin. UML Distilled Reading. : MA: Addison, 1997.
11. Jacobson, Ivar, Booch, Grady y Rumbaugh, James. El proceso unificado de desarrollo de software. Ciudad de la Habana: Felix Varela, 2004.
12. Futrell, Shafer. Quality Software Project Management: Prentice Hall, 2002. ISBN 0130912972.
13. Ramos, Catherine Aguilar. Aplicación de conceptos de Gestión de Proyectos y gestión de riesgo en el desarrollo de productos nuevos en el campo de Tecnología de Información. Proyecto sometido en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de maestro en ingeniería en sistemas gerenciales. 2005.
14. Charette, R. N. Software Engineering Risk Analysis and Management. 1989.
15. Gilb, Tom. Principles of Software Engineering Management.