

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 5



**Propuesta de una guía metodológica para la planeación, monitoreo
y control de proyectos de Realidad Virtual.**

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

Autor:

Luis Eduardo Benítez Oliva

Tutores:

Ing. Jandrich Domínguez Fortún

Ing. José Manuel Pardo Matos

Asesor:

MSc. Pedro Carlos Pérez Martinto

“Año 50 de la Revolución”

He ofendido a Dios y a la humanidad porque mi trabajo no tuvo la calidad que debía haber tenido.

Leonardo Da Vinci



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro ser autor de la presente tesis y reconozco a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

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

Ing. Jandrich Domínguez Fortún

Ing. José Manuel Pardo Matos

Nombre del Tutor

Nombre del Tutor

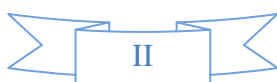
Luis Eduardo Benítez Oliva

Nombre del Autor

Firma del Tutor

Firma del Autor

Firma del Tutor



DATOS DE CONTACTO

Tutores:

Ing. Jandrich Domínguez Fortún

Dirección de correo electrónico: jandrich@uci.cu

Ingeniero Industrial. Graduado en Julio del 2005. Desde ese mismo año trabaja en la Universidad de las Ciencias Informáticas como profesor de Matemática Aplicada. Durante dos años se desempeñó como asesor de calidad de la Facultad 5 y en este mismo período trabajó como responsable de calidad del Proyecto SCADA Nacional. Actualmente es asesor de la Dirección General de Producción. Cursó el diplomado de Docencia Universitaria y de Dirección, entre otros cursos de postgrado. Actualmente está cursando el último diplomado de la maestría de Gestión de Proyectos Informáticos. Ha participado y obtenido resultados de sus investigaciones, en numerosos eventos nacionales e internacionales entre los que se destacan: UCIENCIA 2006 y 2007, Fórum de Ciencia y Técnica 2006 y 2007, XIII Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, Informática 2007, Octavo Congreso Nacional y Cuarto Internacional de Red de la Investigación y Docencia sobre Innovación Tecnológica. Tiene varias publicaciones como memorias de eventos y sitios Web temáticos. En el año 2007 le concedieron el sello forjadores del futuro y Premio del Rector al profesor universitario en adiestramiento más destacado. En este propio año alcanzó la categoría docente de Instructor. Cumplió Misión en la República Bolivariana de Venezuela en los períodos 27/01/07-17/02/07 y 18/08/07-13/09/07 como parte del proyecto SCADA Nacional. Actualmente es Jefe del Grupo de Implantación de la Resolución 297/03 en la Infraestructura Productiva y se encuentra trabajando en el diseño del proceso productivo en la misma.

Ing. José Manuel Pardo Matos

Dirección de correo electrónico: jpardo@uci.cu

Ingeniero en Ciencias Informáticas. Graduado en Julio del 2007. Profesor del Departamento de Ciencias Básicas desde septiembre de este mismo año; Profesor Adiestrado. Asesor de Calidad de la Facultad 5. Actualmente cursando la maestría en Calidad de Software. Ha cursado varios postgrados durante su etapa de adiestramiento entre los que se encuentran: Docencia e Innovación Universitaria,



Auditoría TIC, Técnicas Avanzadas de Desarrollo de SW, Métricas de SW, Validación y Verificación, Monitoreo y Control de Proyectos. Participó en el evento UCIENCIA 2007.

Asesor:

MSc. Pedro Carlos Pérez Martinto

Dirección de correo electrónico: pcpmartinto@uci.cu

Graduado en 1990 en el Instituto Superior Pedagógico EJ Varona en la carrera de Educación Especial. Realizó la Maestría en 1999, en el Centro de Referencia Latinoamericana para la Educación Especial presentando una tesis de informatización de procesos diagnóstico y tratamiento de escolares débiles visuales. Formó parte en el 2000 como uno de los directivos en las primeras graduaciones de maestros emergentes de primaria y director de una de las sedes universitarias para la educación infantil. En el 2002 obtuvo el grado de investigador agregado formando parte del Centro de Estudios Sociopolíticos y opinión adjunto al Comité Central del PCC. Desde el año 2005 trabaja en la UCI como profesor, atiende todo lo relativo a la asignatura de Metodología de la Investigación Científica y Seminario de Tesis vinculando todo el quehacer a la producción y demás eventos en los que se desarrollan los estudiantes en su formación.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por llevarme hasta donde hoy estoy.

A mi hermano que siempre está conmigo, dándome ánimos y apoyando mis decisiones.

A mis compañeros y amigos por los muy buenos momentos que pasamos juntos sobrepasando innumerables obstáculos.

A Gerandy y a mis tutores Jandrich y Pepe por sus consejos, por apoyarme en mi carrera y ayudarme a seguir adelante.

A mis tíos, primos, abuelos, a mi familia en general por estar a mi lado y preocuparse siempre por mí.

A todos mis profesores, de las diferentes enseñanzas por las que he cursado.

Al Ing. Carlos Javier Pérez Escobar por ayudarme en mi tesis incondicionalmente.

A todos aquellos que de una forma u otra han compartido conmigo y me han apoyado.

A todos, muchas gracias.



DEDICATORIA

A mi madre que estuvo siempre presente, que fue siempre una excelente guía y lo seguirá siendo para mí.

A mi padre por compartir conmigo inolvidables momentos.

A mi hermano que me apoyó siempre, que me dio fuerzas cuando más las necesitaba, que me enseñó a seguir adelante a pesar de las dificultades, que siempre estuvo a mi lado y es un ejemplo para mí.

A mi abuelo Lino por creer siempre en mí.

A mi sobrinita Haila por traer tanta felicidad a mi vida.

A la Revolución y a nuestro Comandante en Jefe por este maravilloso sueño hecho realidad.

RESUMEN

La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) se ha dado a la tarea de lograr la calidad de los procesos de producción de software en sus proyectos productivos, aplicando el modelo CMMI (Modelo de Capacidad y Madurez Integrado). En la Facultad 5 se realizan un grupo de investigaciones con este mismo propósito.

El proceso de planificación, monitoreo y control que se lleva a cabo en los proyectos productivos de Realidad Virtual de la Facultad 5 no logra sus objetivos. El modelo CMMI indica qué hacer para cada proceso, pero los proyectos no disponen de una guía que explique cómo hacerlo. Es por ello que esta investigación, tiene como objetivo proponer una guía para la aplicación de las áreas de proceso de CMMI: Planificación de Proyecto, Monitoreo y Control de Proyecto, en los proyectos productivos de Realidad Virtual de la Facultad 5.

En el documento se realiza un estudio de estándares, herramientas de gestión de proyectos y algunas técnicas y métodos de planificación. Se determina la situación actual del proceso de planificación, monitoreo y control en los proyectos productivos de Realidad Virtual y tomando como base el modelo CMMI, se define un conjunto de actividades que guían como realizar la planificación, monitoreo y control de proyecto.

PALABRA CLAVE

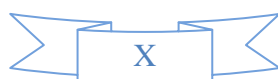
Calidad, Planificación de Proyectos, Monitoreo y Control de Proyectos, Realidad Virtual.

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	V
DEDICATORIA	VI
RESUMEN	VII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
1.1 Calidad	5
1.2 Aseguramiento de la calidad	6
1.3 Estándares de calidad	6
1.3.1 NC ISO 90003	6
1.3.2 IEEE 1058.1 (6)	10
1.3.3 Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (PMBOK) (8)	12
1.4 CMMI (Modelo de Capacidad y Madurez Integrado)	16
1.4.1 Planificación de Proyecto	20
1.4.2 Monitoreo y Control del Proyecto	28
1.5 Métodos de planificación temporal	31
1.5.1 Red de tareas	32
1.5.2 Diagramas de barras o de Gantt	32
1.5.3 Técnicas de Evaluación y Revisión de Programa (PERT, sus siglas en inglés)	32
1.5.4 Método del Camino Crítico (CPM, sus siglas en inglés)	33
1.6 Técnicas de Estimación del Proyecto	33
1.6.1 Líneas de Código y Puntos de Función	34
1.6.2 Técnicas Delfi	35
1.6.3 COCOMO	35
1.6.4 Estimación basada en el proceso	36
1.7 Herramientas de Gestión de Proyectos	36
1.7.1 MS-PROJECT	36
1.7.2 GanttProject	37
1.7.3 Gantt PV	38
1.7.4 DotProject	38
1.7.5 Trac	38

1.8 Medición y análisis	39
CAPÍTULO 2: SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PROYECTOS PRODUCTIVOS DE REALIDAD VIRTUAL DE LA FACULTAD 5.	40
2.1 Breve introducción al Polo de Realidad Virtual	40
2.2 Situación actual de los proyectos productivos de Realidad Virtual	42
2.2.1 Laboratorios Virtuales.....	42
2.2.2 Compilación de juegos	43
2.2.3 Diseño 3D.....	44
2.2.4 Simulador Quirúrgico	46
2.2.5 Juegos CNEURO	48
2.2.6 Juegos de Consola	49
2.2.7 Rehabilitación.....	51
2.2.8 Interacción de Elementos Virtuales.....	53
2.2.9 Herramientas de Desarrollo para Sistemas de Realidad Virtual	54
2.3 Evaluación de las actividades de planificación, seguimiento y control de los proyectos de RV.	56
2.4 Resumen de las entrevistas.	56
CAPÍTULO 3: GUÍA METODOLÓGICA	58
3.1 Planificación del proyecto	58
3.1.1 Establecer estimaciones del proyecto.	59
3.1.1.1 Determinar Alcance del Proyecto.....	59
3.1.1.2 Definir el ciclo de vida del proyecto.	60
3.1.1.3 Identificar los recursos necesarios para el proyecto.....	63
3.1.1.4 Establecer un plan para las habilidades y conocimientos requeridos.....	63
3.1.1.5 Establecer estimaciones	64
3.1.2 Desarrollar el plan del proyecto.	66
3.1.2.1 Establecer el cronograma y presupuesto del proyecto.	66
3.1.2.2 Identificar los riesgos del proyecto.....	66
3.1.2.3 Establecer el Plan para la gestión de la información.....	68
3.1.2.4 Establecer el Plan para los recursos del proyecto.	69
3.1.2.5 Establecer un Plan de participación de los interesados.....	71
3.1.2.6 Establecer el Plan del proyecto y obtener compromiso.	71
3.2 Monitoreo y control del proyecto.....	72
3.2.1 Monitorear Proyecto Respecto al Plan	72

3.2.1.1 Monitorear las estimaciones y cronograma de trabajo.....	72
3.2.1.2 Monitorear responsabilidades.....	73
3.2.1.3 Monitorear riesgos del proyecto.....	74
3.2.1.4 Monitorear gestión de la información.....	74
3.2.1.5 Monitorear participación de los interesados.....	75
3.2.1.6 Dirigir revisiones de los hitos.....	75
3.2.2 Dirigir Acción Correctiva de Cierre.....	76
3.2.2.1 Analizar Problemas.....	76
3.2.2.2 Toma de Acción Correctiva.....	76
3.2.2.3 Dirigir Acción Correctiva.....	77
3.3 Validación de la propuesta.....	78
CONCLUSIONES.....	83
RECOMENDACIONES.....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
ANEXOS.....	88
Anexo 1 Lista de Chequeo.....	88
Anexo 2: Cuestionario basado en la Lista de Chequeo para la entrevista.....	89
Anexo 3: Tabla de evaluación de las actividades de planificación, monitoreo y control que se realizan en los proyectos productivos de Realidad Virtual de la Facultad 5.....	92
Anexo 4: Ejemplo de los métodos de PERT y CPM para un grupo de actividades de Realidad Virtual.....	94
GLOSARIO.....	98



INTRODUCCIÓN

En el año 2002 surge en plena Batalla de Ideas como un novedoso Programa de la Revolución Cubana, la Universidad de Ciencias Informáticas (UCI) casa de altos estudios creada con el propósito de formar profesionales altamente calificados y comprometidos con el futuro de la Patria. La UCI no sólo dedica sus esfuerzos a la formación docente de sus alumnos, sino que además cuenta con una infraestructura productiva que ya ha mostrado resultados extraordinarios, sin embargo el crecimiento precipitado de la Industria del Software y su enorme aceptación en el mercado internacional ha conllevado a una gran competencia entre los productores del software a nivel mundial.

En 1946 George Edwards presidente de la Sociedad Americana para el Control de la Calidad (ASQC sus siglas en inglés) en ese entonces declaró: *“La calidad va a desempeñar un papel cada vez más importante junto a la competencia en el costo y precio de venta y toda compañía que falle en obtener algún tipo de arreglo para asegurar el control efectivo de la calidad se verá forzada, a fin de cuentas, a verse frente a frente a una clase de competencia de la que no podrá salir triunfante”* (1).

La UCI no está exenta de ello y en su esfuerzo por garantizar la calidad del software ha constituido un grupo de calidad en cada una de sus facultades. En los proyectos de la Facultad 5 se están llevando a cabo varias investigaciones con el propósito de mejorar los procesos de producción de software basándose en las áreas de proceso de CMMI. Se ha podido apreciar que aún persisten algunos problemas durante el proceso de planificación, monitoreo y control de los proyectos, debido fundamentalmente a la falta de experiencia de sus miembros, en su mayoría estudiantes y profesores recién graduados. Algunas actividades de planificación no se realizan o se establecen de forma inadecuada, los planes en ocasiones se establecen solo por mero compromiso y no se les proporciona un adecuado seguimiento, en varios casos no se emplean métodos de estimación ni herramientas de gestión de proyectos, todo esto unido a otros factores provoca que el producto no pueda terminarse en tiempo, las fechas reales difieran de los planes establecidos, el proyecto se retrase y con ello los costos se incrementen. Las áreas de proceso de CMMI de planificación, monitoreo y control de proyectos indican que debe hacerse para establecer una adecuada planificación y seguimiento de los proyectos, sin embargo los proyectos productivos de Realidad Virtual de la Facultad 5 no disponen de un documento que les indique como hacerlo, por lo que se plantea el siguiente **Problema científico**:

¿Como aplicar las áreas de proceso: Planificación de Proyecto y Monitoreo y Control de Proyectos, de CMMI, a los proyectos de Realidad Virtual de la Facultad 5?

Teniendo en cuenta el problema planteado se establece como **Objeto de Estudio**: el aseguramiento y control de la calidad del proceso de producción de software de Realidad Virtual y como **Campo de Acción**: el proceso de planificación, seguimiento y control de los proyectos de Realidad Virtual de la Facultad 5.

Con el propósito de dar solución al problema planteado se ha determinado como Objetivo General elaborar una guía para la aplicación de las áreas de proceso de CMMI (Planificación de Proyecto, Monitoreo y Control de Proyecto) a los proyectos de Realidad Virtual de la Facultad 5. Para lo cual han sido seleccionados los siguientes **Objetivos Específicos**:

1. Profundizar en el estudio de CMMI, particularmente en las áreas de proceso:
 - Planificación de Proyecto.
 - Monitoreo y Control de Proyectos
2. Realizar consultas bibliográficas complementarias sobre planificación, seguimiento y control de proyectos.
3. Realizar un estudio del Estado del Arte sobre métodos, técnicas y herramientas que apoyan los procesos de planificación, monitoreo y control de proyectos.
4. Confeccionar una lista de chequeo basada en CMMI que permita, en base a ella, comprobar el estado actual de los procesos de producción de software en los proyectos de Realidad Virtual de la Facultad 5 respecto a la planeación, seguimiento y control del proyecto.
5. Diagnosticar la situación actual de los procesos de producción de software en los proyectos de Realidad Virtual de la Facultad 5 respecto a la planeación, seguimiento y control del proyecto.
6. Confeccionar una guía metodológica basada en la las áreas de proceso de CMMI:
 - Planificación de Proyecto.
 - Monitoreo y Control de Proyectos.

Para lograr los objetivos planteados y desarrollar una adecuada investigación científica sobre el tema en cuestión fueron seleccionados los siguientes métodos científicos:

Métodos Teóricos

Análisis – síntesis: para realizar un estudio de las características esenciales del modelo CMMI y sus áreas de proceso:

1. Planificación de Proyecto.
2. Monitoreo y Control de Proyectos

Y de las condiciones existentes en los proyectos de Realidad Virtual de la Facultad 5 y arribar a conclusiones que permitan dar solución al problema.

Inductivo – deductivo: con el propósito de, a partir del modelo CMMI elaborar una guía que nos permita su aplicación en proyectos informáticos de Realidad Virtual.

Métodos Empíricos:

Observación: se realizarán observaciones a los proyectos informáticos de Realidad Virtual de la facultad 5 para obtener información sobre la situación actual de los mismos en las áreas de planificación, monitoreo y control del proyecto.

Entrevista: el investigador realizará algunas entrevistas tanto para documentarse sobre el estado actual de los proyectos y además como fuente de consulta a profesionales que conozcan sobre CMMI y su aplicación para conocer más del tema en cuestión.

Con el propósito de anticipar una respuesta al problema científico planteado se establece como **Idea a defender** que la aplicación de una de guía, basada en CMMI para la planeación, seguimiento y control de los proyectos garantizará la calidad del proceso de producción de software de Realidad Virtual de la Facultad 5; para lo cual durante el desarrollo de esta investigación, se establece como población los 9 proyectos de Realidad Virtual de la Facultad 5:

- Laboratorios Virtuales
- Compilación de Juegos
- Diseño 3D
- Simulador Quirúrgico
- Juegos CNEURO
- Juegos de Consola
- Rehabilitación

- Herramientas de Desarrollo para Sistemas de Realidad Virtual
- Interacción de Elementos Inteligentes

Considerando que en todos los proyectos ya se ha realizado la planificación y que la población en la que se enmarca el trabajo es pequeña, se ha seleccionado como muestra el 100% de la población.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Introducción

Mediante este capítulo se inicia el estudio de las bases teóricas que sustentan la investigación. Se abordarán conceptos de calidad emitidos por diferentes autores, así como una breve descripción del Modelo de Capacidad y Madurez Integrado (CMMI) y sus áreas de proceso Planificación de Proyecto, Monitoreo y Control de Proyecto. Se realizará el estudio de algunas técnicas, métodos y herramientas de planificación, seguimiento y control de proyectos y de algunos estándares relacionados al tema.

1.1 Calidad

El concepto de calidad es subjetivo y está sujeto a comparaciones; dos personas pueden disertar sobre la calidad de un determinado producto y ni siquiera llegar a conclusiones semejantes sobre el mismo. Este tema depende en gran medida de las expectativas del cliente y el modelo ideal que confecciona a partir de sus experiencias, es por ello que muchos autores se centran en el cliente a la hora de conceptualizarlo. El término calidad tiene múltiples significados y como concepto cambia y evoluciona con el tiempo. La calidad en un producto o servicio ha significado tradicionalmente una aptitud para el uso deseado. Ejemplo de algunas definiciones emitidas por diferentes autores son las siguientes:

- La calidad de software es la concordancia con los requisitos funcionales y de rendimiento explícitamente establecidos con los estándares de desarrollo explícitamente documentados y las características implícitas que se esperan de todo software desarrollado profesionalmente. (2)
- Grado en que un conjunto de características inherentes cumple con unos requisitos. (3)
- La capacidad de un conjunto de características inherentes de un producto, componente de producto o proceso para cumplir con los requisitos del cliente. (4)

Para el desarrollo de este trabajo se define calidad como el grado en que un conjunto de características inherentes de un producto, componente de producto, o proceso cumplen con las necesidades y expectativas del cliente.

1.2 Aseguramiento de la calidad.

El Aseguramiento de la Calidad es un proceso que debe estar presente durante todo el ciclo de vida del proyecto y que proporciona una adecuada seguridad de que el software cumplirá con los requisitos especificados ajustándose a los planes establecidos.

La ISO/IEC 2382-20 del 2006 define aseguramiento de la calidad como la planificación sistemática de las actividades necesarias que aseguren que un componente o el sistema contemple los requisitos técnicos establecidos.

Esta definición muestra que el aseguramiento de la calidad del software está altamente influenciado por los procesos de planificación, seguimiento y control del proyecto a los cuales hacen referencias diversos estándares de calidad.

1.3 Estándares de calidad

Existen varios estándares de calidad que se centran en el proceso de aseguramiento de la calidad y a su vez abordan elementos de planificación, seguimiento y control de proyectos informáticos; entre ellos se encuentran:

1.3.1 NC ISO 90003

La Organización Internacional de Normalización (ISO) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). Los comités técnicos de ISO llevan a cabo el trabajo de elaboración de las Normas Internacionales. (3)

Las normas de la familia ISO 9000 se han elaborado para asistir a las organizaciones de todo tipo y tamaño, en la implementación y la operación de sistemas de la calidad eficaces. (3)

La Norma ISO 9001 especifica los requisitos para los sistemas de gestión de la calidad aplicables a toda organización que necesite demostrar su capacidad para proporcionar productos que cumplan los requisitos de sus clientes y los reglamentarios que le sean de aplicación y su objetivo es el logro de la satisfacción del cliente. (3)

La Norma ISO 90003 es una guía para la aplicación de la NC ISO 9000:2001 al software de computación y proviene de la orientación de la organización en la aplicación de la NC ISO 9001:2001 para la adquisición, reserva, desarrollo, funcionamiento y mantenimiento del software. (5)

La Norma ISO 90003 plantea que:

- La alta dirección debe asegurarse de que la planificación del sistema de gestión de la calidad se realiza con el fin de cumplir los requisitos, así como los objetivos de la calidad y se mantiene la integridad del sistema de gestión de la calidad cuando se planifican e implementan cambios en éste.
- Los procesos, actividades y tareas deberían ser planificadas y desarrolladas usando modelos de ciclo de vida adecuados para la naturaleza de un proyecto de software, considerando el tamaño, complejidad, seguridad, riesgos e integridad.
- La planificación de la gestión del desarrollo software debería ser el resultado de la definición de que productos pueden ser producidos quién los produce y cuando son producidos.
- La necesidad de formación debería estar determinada considerando la anotaciones de requisitos, métodos de diseño, lenguajes de programación específicos, herramientas, técnicas y recursos de cómputo que van a ser usados en el desarrollo y gestión del producto / proyecto de software. Podría ser útil también incluir formación en habilidades y conocimientos en el campo específico donde se aplique el software, así como en otros tópicos tal como la gestión de proyectos.

También se puntualizan otros aspectos importantes a tener en cuenta en la planificación del proyecto, entre ellos, los siguientes:

- Inclusión de, o referencia a los planes de desarrollo;
- Los métodos, modelo(s), herramientas, convenios de lenguajes de programación, bibliotecas, marcos de trabajo y otros componentes reutilizables para ser usados en los proyectos;
- Los criterios para el comienzo y el final de cada fase o etapa del proyecto;
- Las actividades de seguimiento y las medidas para ser llevadas a cabo;
- La formación necesaria para el uso de herramientas y técnicas y la organización de la formación previa a la habilidad necesaria;
- Los registros para ser mantenidos;

La norma ISO 90003 plantea que los siguientes riesgos pueden ser incluidos cuando los requisitos son analizados y relacionados con el producto:

- Elementos críticos de seguridad de la información y seguridad de usuarios y recursos;
- Las capacidades y experiencias de la organización;
- La fiabilidad de las estimaciones de los recursos y la duración requerida para cada actividad;
- Las diferencias significativas entre los tiempos requeridos para entregar los productos o servicios y los tiempos determinados desde los planes hasta la optimización de los costos y objetivos de calidad;
- La dispersión geográfica significativa de la organización, clientes, usuarios y distribuidores;
- La novedad de alta tecnología, incluyendo los nuevos métodos, herramientas, tecnologías y software suministrados;
- La baja calidad o disponibilidad de los software suministrados y las herramientas;

El diseño y desarrollo deberían ser llevados a cabo de una manera disciplinada para disminuir o minimizar los problemas. La planificación del diseño y del desarrollo debería dirigirse a los siguientes artículos:

- la planificación para el control del producto;
- la organización de los recursos del proyecto, la estructura del equipo, responsabilidades y empleo de recursos materiales para ser usados;
- el análisis de los posibles riesgos, hipótesis, dependencias y problemas asociados con el diseño y desarrollo;
- el calendario identificando con las etapas del proyecto, los recursos asociados, las dependencias, los hitos, entre otros;
- la identificación de los planes relacionados;
- el control de documentación incluyendo los archivos de documentos / registros y la distribución.

En las etapas adecuadas, deben realizarse revisiones sistemáticas de acuerdo con lo planificado:

- evaluar la capacidad de los resultados de diseño y desarrollo para cumplir los requisitos;
- identificar cualquier problema y proponer las acciones necesarias.

La revisión del diseño y desarrollo debería ser llevada a cabo de acuerdo con los planes programados.

El documento que define la planificación del diseño y del desarrollo y algunos otros temas de planificación puede ser: un documento, una parte de otro documento o componerse de varios documentos.

La planificación debería ser analizada periódicamente y corregida si fuera necesario. La organización debe determinar el seguimiento y la medición a realizar y los dispositivos de medición y seguimiento necesarios para proporcionar la evidencia de la conformidad del producto con los requisitos determinados.

La organización debe planificar e implementar los procesos de seguimiento, medición, análisis y mejora necesarios para:

- demostrar la conformidad del producto;
- asegurarse de la conformidad del sistema de gestión de la calidad;
- mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

La organización normalmente mide ciertos aspectos de sus procesos para hacerles un seguimiento y control de ellos. Las mediciones más frecuentes incluyen:

- la planificada y actual duración de las actividades del proceso,
- el planificado y actual costo de las actividades del proceso,
- el nivel de calidad planificado y las progresivas mediciones de las características de calidad seleccionadas.
- se ha implementado y se mantiene de manera eficaz.

Se deben mantener registros de la naturaleza de las no conformidades y de cualquier acción tomada posteriormente, incluyendo las concesiones que se hayan obtenido.

La organización debe determinar acciones para eliminar las causas de no conformidades potenciales para prevenir su ocurrencia. Las acciones preventivas deben ser apropiadas a los efectos de los problemas potenciales.

La organización debe mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad mediante el uso de la política de la calidad, los objetivos de la calidad, los resultados de las auditorías, el análisis de datos, las acciones correctivas y preventivas y la revisión por la dirección.

1.3.2 IEEE 1058.1 (6)

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE sus siglas en inglés) es una asociación técnico-profesional mundial sin fines de lucro dedicada a la estandarización entre otras funciones. Formada por profesionales de las nuevas tecnologías, como ingenieros eléctricos, ingenieros en electrónica, científicos de la computación, ingenieros en informática e ingenieros en telecomunicaciones.

La norma IEEE 1058.1 es un estándar que especifica el formato y contenidos de los planes para la gestión de proyectos software. No especifica las técnicas exactas que pueden ser usadas en el desarrollo de los planes de proyectos, ni ofrece ejemplos de los planes de gestión de proyectos. Cada organización que usa este estándar debería desarrollar un conjunto de prácticas y procedimientos para proporcionar una guía detallada para la preparación y actualización de los planes de gestión de los proyectos de software basada en este estándar.

Este estándar está destinado a aquellos gestores de proyectos de software y a otro personal que prepare o actualice planes de proyectos y estén adheridos a esos planes. (6)

En la sección 3 se especifica que las personas u organizaciones responsables de un proyecto de software también deberían ser responsables del Plan para la gestión de dicho proyecto. Esta sección del estándar describe elementos esenciales para la planificación de la gestión de un proyecto de software y propone que sean ordenados y descompuestos en secciones y sub-secciones de la siguiente forma:

Página de Título

Hoja de Revisión

Prefacio

Tabla de Contenidos

Lista de Figuras

Lista de Tablas

1. Introducción.

1.1. Visión General del proyecto.

1.2. Productos Finales.

1.3. Evolución del Plan de Proyecto.

1.4. Documentos de Referencia.

1.5. Definiciones y Acrónimos.

2. Organización del Proyecto.

2.1. Modelos de Procesos.

2.2. Estructura Organizativa.

2.3. Fronteras e interfaces organizativas.

2.4. Responsabilidades.

3. Procesos de Gestión.

3.1. Objetivos y prioridades de Gestión.

3.2. Suposiciones, dependencias y restricciones.

3.3. Gestión de Riesgos.

3.4. Mecanismos de supervisión y control.

3.5. Plan de Personal.

4. Proceso Técnico

4.1. Metodologías, Técnicas y Herramientas.

4.2. Documentación Software.

4.3. Funciones de Apoyo al proyecto.

5. Plan de Desarrollo.

5.1. Paquetes de Trabajo.

5.2. Dependencias.

5.3. Recursos.

5.4. Presupuesto y distribución de recursos.

5.5. Calendario.

Componentes adicionales

Índice

Apéndices.

A continuación de esta proposición y en la misma sección se plantea que este orden propuesto no implica que haya que seguirlo literalmente y que las secciones y sub-secciones de un plan de gestión software deben ser incluidas aquí específicamente o bien haciendo referencias a los documentos que sean necesarios.

1.3.3 Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (PMBOK) (8)

Es un estándar desarrollado por el Instituto de Administración de Proyectos (PMI, orientada a la difusión y determinación de las mejores prácticas de gestión de proyectos) reconocido en todo el mundo para la gestión de proyectos.

En este estándar se plantea que para facilitar la gestión, los directores de proyectos o la organización pueden dividir los proyectos en fases, con los enlaces correspondientes a las operaciones de la organización ejecutante. El conjunto de estas fases se conoce como ciclo de vida del proyecto. El ciclo de vida del proyecto define las fases que conectan el inicio de un proyecto con su fin.

La conclusión y la aprobación de uno o más productos entregables caracterizan a una fase del proyecto. Un producto entregable es un producto de trabajo que se puede medir y verificar tal como una especificación, un informe del estudio de viabilidad, un documento de diseño detallado o un prototipo de trabajo. Algunos productos entregables pueden corresponder al mismo proceso de dirección de proyectos, mientras que otros son los productos finales o componentes de los productos finales para los cuales se creó el proyecto. Los productos entregables y en consecuencia las fases, son parte de un proceso generalmente secuencial, diseñado para asegurar el adecuado control del proyecto y para obtener el producto o servicio deseado que es el objetivo del proyecto.

Por lo general, una fase del proyecto concluye con una revisión del trabajo logrado y los productos entregables a fin de determinar la aceptación, tanto si aún se requiere trabajo adicional como si se debe considerar cerrada la fase.

La preparación de un enunciado detallado del alcance del proyecto es crítica para el éxito y se construye sobre la base de los principales productos entregables y restricciones que se documentan durante la iniciación del proyecto en el enunciado del alcance preliminar. Durante la planificación, el alcance se define y describe con mayor especificidad porque se conoce más información acerca del proyecto.

El enunciado del alcance del proyecto describe en detalle los productos entregables y el trabajo necesario para crear tales productos. El enunciado del alcance también proporciona un entendimiento común entre los interesados y describe los principales objetivos del proyecto. También permite al equipo del proyecto realizar una planificación más detallada, guía su trabajo durante la ejecución y proporciona la línea base para evaluar si las solicitudes de cambio o trabajo adicional están comprendidas dentro o fuera de los límites del proyecto.

El grado y nivel de detalle con que el enunciado del alcance del proyecto defina qué trabajo se realizará y qué trabajo quedará excluido puede determinar el nivel de éxito con que el equipo de dirección del proyecto podrá controlar el alcance del proyecto en general. A su vez, gestionar el

alcance del proyecto puede determinar el nivel de éxito con que el equipo de dirección del proyecto podrá planificar, gestionar y controlar la ejecución del proyecto.

PMBOK hace referencia a la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) como una descomposición jerárquica orientada al producto entregable del trabajo que será ejecutado por el equipo del proyecto, para lograr los objetivos del proyecto y crear los productos entregables requeridos. La EDT organiza y define el alcance total del proyecto. La EDT subdivide el trabajo del proyecto en porciones de trabajo más pequeñas y fáciles de manejar, donde cada nivel descendente de la EDT representa una definición cada vez más detallada del trabajo del proyecto. El trabajo planificado comprendido dentro de los componentes de la EDT del nivel más bajo, denominados paquetes de trabajo, puede programarse, supervisarse, controlarse y estimarse sus costes.

Luego de establecerse el alcance del proyecto y crear la EDT, PMBOK plantea un grupo de procesos para la gestión del tiempo entre los cuales se encuentran:

- Definición de las Actividades: identifica las actividades específicas del cronograma que deben ser realizadas para producir los diferentes productos entregables del proyecto.
- Establecimiento de la Secuencia de las Actividades: identifica y documenta las dependencias entre las actividades del cronograma.
- Estimación de Recursos de las Actividades: estima el tipo y las cantidades de recursos necesarios para realizar cada actividad del cronograma.
- Estimación de la Duración de las Actividades: estima la cantidad de períodos laborables que serán necesarios para completar cada actividad del cronograma.
- Desarrollo del Cronograma: analiza las secuencias de las actividades, la duración de las actividades, los requisitos de recursos y las restricciones del cronograma para crear el cronograma del proyecto.
- Control del Cronograma: controla los cambios del cronograma del proyecto.

Cada proceso puede implicar el esfuerzo de una o más personas o grupos de personas, dependiendo de las necesidades del proyecto. Cada proceso tiene lugar por lo menos una vez en cada proyecto y se produce en una o más fases del proyecto, si el proyecto se encuentra dividido en fases.

Según PMBOK la Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto incluye los procesos que organizan y dirigen el equipo del proyecto. El equipo del proyecto está compuesto por las personas a quienes se

les han asignado roles y responsabilidades para concluir el proyecto. Si bien es común hablar de asignación de roles y responsabilidades, los miembros del equipo deberían participar en gran parte de la planificación y toma de decisiones del proyecto.

Los procesos de Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto incluyen lo siguiente:

- Planificación de los Recursos Humanos: identificar y documentar los roles del proyecto, las responsabilidades y las relaciones de informe, así como crear el plan de gestión de personal.
- Adquirir el Equipo del Proyecto: obtener los recursos humanos necesarios para concluir el proyecto.
- Desarrollar el Equipo del Proyecto: mejorar las competencias y la interacción de los miembros del equipo para lograr un mejor rendimiento del proyecto.
- Gestionar el Equipo del Proyecto: hacer un seguimiento del rendimiento de los miembros del equipo, proporcionar retroalimentación, resolver polémicas y coordinar cambios a fin de mejorar el rendimiento del proyecto.

La Gestión de los Riesgos del Proyecto incluye los procesos relacionados con la planificación de la gestión de riesgos, la identificación y el análisis de riesgos, las respuestas a los riesgos, y el seguimiento y control de riesgos de un proyecto.

Los procesos de Gestión de los Riesgos del Proyecto incluyen lo siguiente:

- Planificación de la Gestión de Riesgos: decidir cómo enfocar, planificar y ejecutar las actividades de gestión de riesgos para un proyecto.
- Identificación de Riesgos: determinar qué riesgos pueden afectar al proyecto y documentar sus características.
- Análisis Cualitativo de Riesgos: priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando su probabilidad de ocurrencia y su impacto.
- Análisis Cuantitativo de Riesgos: analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados en los objetivos generales del proyecto.
- Planificación de la Respuesta a los Riesgos: desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.

- Seguimiento y Control de Riesgos: realizar el seguimiento de los riesgos identificados, identificar nuevos riesgos, ejecutar planes de respuesta a los riesgos y evaluar su efectividad a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

1.4 CMMI (Modelo de Capacidad y Madurez Integrado)

CMMI es un modelo de calidad desarrollado por el SEI (Instituto de Ingeniería de Software) de la Universidad de Carnegie Mellon, que teniendo como premisa que la calidad de un producto o sistema es altamente influenciada por la calidad del proceso utilizado para desarrollarlo y mantenerlo, definió un grupo de modelos denominados modelos de ingeniería de software (SW-CMM, también conocido como CMM), de ingeniería de sistemas (SE-CMM) y de desarrollo integrado de productos (IPD-CMM) y decide unificarlos a mediados de la década del 90, embarcándose en un esfuerzo que culmina en el año 2002, dando origen a una nueva generación denominada CMMI.

CMMI permite enfocar las evaluaciones y mejora de los procesos usando dos representaciones: la continua y la escalonada.

La representación continua permite a una organización seleccionar un área de proceso (o grupo de áreas de proceso) y mejorar los procesos relacionados con ella. Esta representación utiliza los niveles de capacidad para caracterizar la mejora en relación con un área de proceso individual.

La representación escalonada utiliza un grupo predefinido de áreas de proceso para definir un camino de mejora para una organización. Este camino de mejora se caracteriza por niveles de madurez. Cada nivel de madurez proporciona un conjunto de áreas de proceso que caracterizan los diferentes comportamientos de la organización.

Los niveles son utilizados en CMMI para describir un camino evolutivo recomendado para una organización que quiere mejorar los procesos que utiliza para desarrollar y mantener sus productos y servicios.

CMMI se refiere a la representación continua mediante el término "nivel de capacidad" y para la representación escalonada, se utiliza el término "nivel de madurez".

Los 6 niveles de capacidad definidos en CMMI son:

- Nivel 0.- Incompleto El proceso no se realiza o es realizado parcialmente y no se logran sus objetivos.
- Nivel 1.- Ejecutado: El proceso se ejecuta y se logran sus objetivos; se obtiene como resultado importantes mejoras, pero las mismas pueden perderse con el transcurso del tiempo.
- Nivel 2.- Gestionado: Además de ser ejecutado, el proceso se planifica, se revisa y se evalúa para comprobar que cumple los requisitos.
- Nivel 3.- Definido: Además de ser un proceso gestionado se ajusta a la política de procesos que existe en la organización, alineada con las directivas de la empresa.
- Nivel 4.- Cuantitativamente gestionado: Además de ser un proceso definido, se controla utilizando técnicas cuantitativas.
- Nivel 5.- Optimizado: Además de ser un proceso cuantitativamente gestionado, de forma sistemática se revisa y modifica para adaptarlo a los objetivos.

Los 5 niveles que define CMMI para calificar la madurez de una organización son:

- Nivel 1.- Inicial: Es el nivel en que se encuentran la mayoría de las empresas cuando se inician en el proceso de producción de software. Los procesos se caracterizan por su estado caótico. La organización no suele proporcionar un entorno estable para apoyar los procesos. Se definen pocos procesos y el éxito depende del esfuerzo individual. No hay control sobre el estado del proyecto, el desarrollo del proyecto es completamente opaco. Con frecuencia las organizaciones superan sus presupuestos, no cumplen sus horarios y tienden al abandono de los procesos en un momento de crisis. Incapacidad para repetir sus éxitos.
- Nivel 2.- Gestionado: La principal diferencia entre este nivel y el anterior es que el proyecto es gestionado y controlado durante el desarrollo del mismo. Los procesos se planifican y ejecutan conforme a la política del proyecto. El éxito de los resultados obtenidos se puede repetir. El desarrollo no es opaco y se puede saber el estado del proyecto en todo momento.
- Nivel 3.- Definido: Los procesos se gestionan de manera más activa utilizando una comprensión de las interrelaciones de las actividades del proceso y medidas detalladas del proceso, sus productos y servicios. Los procesos están bien caracterizados y comprendidos, y se describen las normas, procedimientos, herramientas y métodos. El proceso de gestión de las actividades del software y de ingeniería se documenta, se estandariza y se integra dentro de un proceso de software de toda una organización.

- Nivel 4.- Cuantitativamente Gestionado: Se recopilan medidas detalladas del proceso del software y de la calidad del producto. Mediante la utilización de medidas detalladas, se comprenden y se controlan cuantitativamente tanto los productos como el proceso del software. En este nivel se incluyen todas las características definidas para el nivel 3.
- Nivel 5.- Optimizado: Mejora continuamente sus procesos sobre la base de una comprensión cuantitativa de las causas comunes de la variación inherente a los procesos. Mediante una retroalimentación cuantitativa del proceso, ideas y tecnologías innovadoras se posibilita una mejora del proceso. (4)

CMMI identifica 22 áreas de procesos. Vistas desde la representación continua del modelo, se agrupan en 4 categorías según su finalidad: Gestión de proyectos, Ingeniería, Gestión de procesos y Soporte a las otras categorías. Vistas desde la representación escalonada, se clasifican en 5 niveles de madurez. Al nivel de madurez 2 pertenecen las áreas de procesos cuyos objetivos deben lograr la organización para alcanzarlo, ídem con el 3, 4 y 5. (10)

Áreas de Proceso de CMMI		
Área de Proceso	Categoría	Nivel de madurez
Análisis y resolución de problemas	Soporte	5
Gestión de la configuración	Soporte	2
Análisis y resolución de decisiones	Soporte	3
Gestión integral de proyecto	Gestión de proyectos	3
Medición y análisis	Soporte	2
Innovación y desarrollo	Gestión de procesos	5
Definición de procesos	Gestión de procesos	3
Procesos orientados a la organización	Gestión de procesos	3
Rendimiento de los procesos de la organización.	Gestión de procesos	4
Formación	Gestión de procesos	3
Integración de producto	Ingeniería	3
Monitoreo y control de proyecto	Gestión de proyectos	2

Planificación de proyecto	Gestión de proyectos	2
Gestión calidad procesos y productos	Soporte	2
Gestión cuantitativa de proyectos	Gestión de proyectos	4
Desarrollo de requisitos	Ingeniería	3
Gestión de requisitos	Ingeniería	2
Gestión de riesgos	Gestión de proyectos	3
Gestión y acuerdo con proveedores	Gestión de proyectos	2
Solución técnica	Ingeniería	3
Validación	Ingeniería	3
Verificación	Ingeniería	3

Tabla 1.1 Áreas de Proceso de CMMI

Cada área de proceso está integrada por un conjunto de elementos:

- Propósito: Describe el propósito del área de proceso.
- Notas Introdutorias: La sección notas introductorias describe los principales conceptos incluidos en el área de proceso y es un componente informativo.
- Áreas de proceso relacionadas: La sección de las áreas de proceso relacionadas lista las áreas de proceso relacionadas y refleja el alto nivel de las relaciones entre las áreas de proceso. Es un componente informativo.
- Metas (objetivos) específicas (ME): Una meta específica describe las características que deben estar presentes para satisfacer el área de proceso. Se utiliza en la evaluación para ayudar a determinar si un área de proceso está satisfecha.
- Metas (objetivos) genéricas: Las metas genéricas se aplican a múltiples áreas de proceso. Una meta genérica describe las características que deben estar presentes para institucionalizar los procesos que implementa un área de proceso.
- Resúmenes de metas y prácticas específicas: El resumen de metas y prácticas específicas ofrece un resumen de alto nivel de las metas específicas, que componentes son necesarios así como las prácticas específicas y que componentes se esperan.
- Prácticas específicas (PE): Una práctica específica es la descripción de una actividad que se considera importante en el logro de las metas específicas asociadas. Las prácticas específicas

describen las actividades que se espera en el resultado de un logro de los objetivos específicos de un área de proceso.

Productos típicos de trabajo: La sección productos típicos de trabajo lista ejemplos de los resultados de una práctica específica.

- **Sub-práctica:** Una Sub-práctica es una descripción detallada que ofrece orientación para la interpretación y la aplicación de una práctica específica o genérica. Un componente informativo destinado únicamente a aportar ideas que pueden ser útiles para el proceso de mejora.
- **Prácticas genéricas:** La misma práctica se aplica a múltiples áreas de proceso. Una Práctica Genérica es la descripción de una actividad que se considera importante en el logro de las metas genéricas asociadas.

Entre las áreas de procesos de gestión de proyectos incluidas en el nivel 2 de madurez de CMMI se encuentran:

- Planificación de proyectos
- Monitoreo y control de proyectos

Estas áreas de procesos proponen un conjunto de actividades a efectuar para realizar una adecuada planificación, seguimiento y control del proyecto.

1.4.1 Planificación de Proyecto

La gestión de un proyecto de software comienza con un conjunto de actividades que globalmente se denominan planificación del proyecto. (2)

Se define como planificación al conjunto de tareas que guían el proceso de producción con vista a estimar y controlar lo más acertadamente posible el costo, el tiempo y los recursos que serán empleados en la elaboración de un producto que cumpla con las necesidades y expectativas del cliente.

Ninguna empresa debería lanzarse precipitadamente a la producción sin antes tener en cuenta si dispone de los recursos, personal y tiempo necesario para la construcción del software; es por ello que

la planificación del proyecto es una de las primeras actividades que debe realizar un equipo de desarrollo de software. “El planificar precede al hacer.” (11)

La planificación comienza con los requisitos que definen el producto y el proyecto e incluye estimación de los atributos de las tareas y productos de trabajo, determinación de los recursos necesarios, negociar compromisos, hacer un calendario e identificar y analizar riesgos del proyecto. (4)

El área de proceso de CMMI, Planificación de Proyecto, incluye:

- Desarrollo del plan del proyecto
- Interacción adecuada con las partes interesadas en el proyecto
- Tomar compromiso respecto al plan
- Mantener el plan.

El propósito de la del Planificación del Proyecto (PP) es establecer y mantener planes que definan las actividades del proyecto.

CMMI define para la Planificación de Proyectos tres metas específicas (ME):

1. Establecer estimaciones

Las estimaciones deben sustentarse sobre una base sólida para infundir confianza tal que cualquier plan sobre la base de estas estimaciones sea capaz de confirmar los objetivos del proyecto. Deben tenerse en cuenta a su vez un conjunto de factores para efectuar las estimaciones, entre los cuales se encuentran: requisitos del proyecto y el producto, alcance del proyecto, atributos de las tareas y productos de trabajo tales como complejidad y tamaño, y modelos o datos históricos que permitan convertir los atributos de las tareas y productos de trabajo en horas de trabajo y costo. (4)

2. Desarrollar el plan del proyecto

El desarrollo de la versión inicial del plan para la gestión de proyecto software debería ser una de las primeras actividades a ser completada en un proyecto de software. A medida que el proyecto evoluciona debe ser actualizado periódicamente para reflejar las situaciones desarrolladas. Así, cada versión del plan debería ser remplazada por el cambio de control y cada versión debería contener una agenda para actualizaciones subsiguientes del plan. (6)

Un plan del proyecto se establece y se mantiene como la base para dirigir el proyecto; es un documento formal, aprobado y usado para dirigir y controlar la ejecución del proyecto y se basa en los requisitos del proyecto y las estimaciones establecidas. El plan del proyecto debe considerar todas las fases del ciclo de vida del proyecto. (4)

3. Obtener compromiso con el plan

Para ser eficaces, los planes requieren el compromiso de los responsables de las diferentes tareas y el apoyo respecto al plan. Los compromisos para el plan del proyecto deben ser establecidos y mantenidos. (4)

En el modelo CMMI, estos objetivos específicos, se subdividen en un conjunto de prácticas específicas (PE):

ME Establecer estimaciones

- (PE) Estimar el alcance del proyecto.

Una vez definidos los requisitos, será posible determinar cuales serán las características del producto, sus limitaciones, cuánto trabajo requerirá la realización del proyecto y cuales serán los posibles resultados, además de proporcionar un esquema para la organización del trabajo de proyecto alrededor del producto y los componentes del producto que apoyan el trabajo.

Para realizar la estimación del alcance del proyecto CMMI propone establecer un nivel superior de Estructura de Descomposición del Trabajo del proyecto (en inglés, WBS) el desarrollo de esta estructura divide el proyecto en un conjunto interconectado de componentes gestionables. El WBS es un producto que proporciona un plan para identificar y organizar las unidades lógicas de trabajo para ser gestionadas, que son llamadas "paquetes de trabajo" y proporciona una referencia y un mecanismo de organización para determinar esfuerzo, calendario y responsabilidades y es usado como una estructura para organizar y controlar el trabajo realizado en el proyecto.

- (PE) Estimaciones de las tareas y producto de trabajo

Esta es una de las actividades esenciales de la planificación, para estimar esfuerzo y costo y para la realización del cronograma y el plan del proyecto. Las estimaciones de las tareas y los productos de trabajo deben establecerse y mantenerse.

El tamaño es la entrada principal a muchos modelos usados para estimar esfuerzo, costo y plan. Los modelos pueden también basarse en entradas tales como conectividad, complejidad y estructura. Las estimaciones deben ser consistentes con los requisitos del proyecto para determinar el esfuerzo, el coste y el calendario del proyecto. Un nivel relativo de dificultad o complejidad se debe asignar para el tamaño de cada atributo.

- (PE) Definir Ciclo de Vida del Proyecto

La determinación de las fases del ciclo de vida de un proyecto permite la evaluación y la toma de decisiones para períodos planificados. Éstas se definen normalmente para apoyar los puntos de decisión lógicos en los cuales los acuerdos significativos se hacen respecto a los recursos y al acercamiento técnico. Tales puntos proporcionan los acontecimientos planeados en los cuales las correcciones del curso del proyecto y las determinaciones del alcance futuro y el coste pueden ser realizadas.

Las fases del ciclo de vida del proyecto necesitan ser definidas dependiendo del alcance de los requisitos, de las estimaciones para los recursos del proyecto y de la naturaleza del proyecto. Proyectos grandes pueden contener fases múltiples, por ejemplo exploración, desarrollo, producción, operaciones y disposición. Dentro de estas fases, las sub-fases pueden ser necesarias. Una fase del desarrollo puede incluir sub-fases tales como análisis de requisitos, diseño, fabricación, integración y verificación. La determinación de las fases del proyecto incluye generalmente la selección y el refinamiento de uno o más modelos del desarrollo para tratar interdependencias y un orden apropiado de las actividades en las fases.

Dependiendo de la estrategia para el desarrollo, puede haber fases intermedias para la creación de prototipos de incrementos de la capacidad o de ciclos de modelo espiral.

Entender el ciclo de vida del proyecto es crucial en la determinación del alcance del esfuerzo de planificación y de la sincronización de la planificación inicial, tan bien como la sincronización y los criterios (hitos críticos) para la re-planificación.

- (PE) Determinar estimaciones de esfuerzo

Las estimaciones del esfuerzo se basan generalmente en los resultados del análisis usando los modelos o los datos históricos aplicados al tamaño, a las actividades y a otros parámetros de la planificación. La confianza en estas estimaciones está basada en el análisis razonado para el modelo seleccionado y la naturaleza de los datos.

Puede haber ocasiones, cuando los datos históricos disponibles no se aplican, que los esfuerzos no tengan precedentes, esto es debido a que, en cierto grado, un producto o componente similar nunca se ha construido; dichos esfuerzos son más riesgosos, requieren más investigación para desarrollar bases razonables de estimación y requieren más gestión de reserva.

Hoy en día se han desarrollado un conjunto de modelos para realizar estimaciones; el uso de estos modelos como la fuente única de estimación no es recomendado porque estos modelos se basan en los datos históricos del proyecto que pueden o no, ser pertinentes al proyecto. Es aconsejable utilizar junto a estos modelos, algunos métodos de estimación para asegurar un alto nivel de confianza.

Existe un grupo de elementos necesarios para la estimación de esfuerzo, entre los cuales se encuentran las estimaciones proporcionadas por un experto o conjunto de expertos, las tareas de trabajo, conocimientos, aptitudes y necesidades de formación, instalaciones necesarias, entre otros.

ME Desarrollar un plan del proyecto

- (PE) Establecer el cronograma

El cronograma del proyecto se basa en las estimaciones desarrolladas y asegura que la complejidad de la tarea y las dependencias de las tareas se traten apropiadamente. El objetivo principal de esta actividad es obtener las dependencias entre las tareas (para garantizar cierta secuencia que reduzca al mínimo la duración del proyecto, buscando un orden óptimo) y el calendario del proyecto, definiendo los hitos para el control y entrega de los productos al cliente, la disponibilidad de recursos e instalaciones y el tiempo de duración de las actividades, entre otros.

Deben establecerse criterios para determinar cuándo se está en presencia de una desviación significativa respecto al plan del proyecto para tomar acciones correctivas cuando las circunstancias lo ameriten.

- (PE) Identificar los riesgos del proyecto

Los riesgos se identifican o se descubren y se analizan para ayudar a la planificación del proyecto. La identificación y el análisis de riesgo de la planificación del proyecto incluye identificar, el analizar (para determinar el impacto, probabilidad de ocurrencia y marco de tiempo en el cual los problemas son probables a ocurrir) y priorizar los riesgos.

La identificación de los riesgos implica la identificación de los problemas potenciales, peligros, amenazas, las vulnerabilidades y otros que podrían afectar negativamente los esfuerzos y planes del trabajo. Los riesgos se deben identificar y describir de una manera comprensible antes de que puedan ser analizados. Al identificar riesgos, es una buena idea utilizar un método estándar para definir riesgos. La identificación del riesgo y las herramientas de análisis se pueden utilizar para ayudar a identificar posibles problemas.

Los riesgos deben ser documentados para la mitigación y el control de los mismos

- (PE) Plan para la gestión de la información

La información es la documentación necesaria para apoyar la construcción del software en todas sus áreas, puede adoptar cualquier forma (por ejemplo, informes, manuales, cuadernos, cartas, dibujos, especificaciones, archivos o correspondencia) y existir en cualquier tipo de soporte (por ejemplo, impreso o basado en diversos materiales, fotografías, electrónicos, o multimedia).

A menudo, la información se recopila sin una clara comprensión de como será utilizada. La recopilación de la información es costosa y debe realizarse solamente cuando sea necesario.

- (PE) Plan para los recursos del proyecto

Cuando se forma un equipo de trabajo debe realizarse una planificación de los recursos tanto de software, hardware, como de personal disponibles.

Esta actividad consiste en la definición de los recursos del proyecto (mano de obra, maquinaria/ equipamiento, materiales y métodos) y las cantidades necesarias para llevar a cabo las actividades del proyecto, que se basan en la estimación inicial y proporciona información adicional que puede ser usado en ampliar la estructura de descomposición del trabajo (tareas) utilizada para la gestión del proyecto. Por tanto, deben determinarse fundamentalmente los requerimientos de personal (teniendo en cuenta los conocimientos y habilidades teóricas y prácticas necesarias para cada una de las posiciones identificadas), las instalaciones, equipos y componentes que sean necesarios.

(PE) Plan para los conocimientos y habilidades necesarias

Esta consiste en un plan de conocimientos y habilidades teóricas y prácticas necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Los requerimientos de personal dependen de los conocimientos y habilidades teóricos y prácticos disponibles para apoyar la ejecución del proyecto.

Esta actividad incluye realizar unos análisis de los conocimientos y habilidades teóricas y prácticas necesarios y elaborar un plan de capacitación para los integrantes del equipo, para llevar a cabo el proyecto.

- (PE) Plan de participación de las partes interesadas

Las partes interesadas son identificadas para todas las fases del ciclo de vida del proyecto por identificación del tipo de personas y representación de las funciones necesarias en el proyecto, así como la descripción de su importancia y el grado de interacción para las actividades específicas del proyecto. Una matriz bidimensional con los interesados a lo largo de un eje y las actividades del proyecto a lo largo del otro eje es un formato adecuado para el cumplimiento de esta identificación.

Para cada una de las principales actividades, identificar las partes interesadas que se ven afectadas por la actividad y los que tienen experiencia que se necesita para realizar la actividad. Esta lista de los interesados pertinentes probablemente cambiará a medida que el proyecto se mueve a través de las fases del ciclo de vida del proyecto.

- (PE) Establecer Plan del Proyecto

Un plan documentado que aborde todos los temas pertinentes de la planificación es necesario para lograr la comprensión mutua, el compromiso y el rendimiento de los individuos, los grupos y las organizaciones que deben ejecutar o apoyar los planes. El plan generado por el proyecto define todos los aspectos del esfuerzo, la vinculación de una manera lógica, las consideraciones del ciclo de vida del proyecto, técnica y gestión de tareas, presupuestos y calendarios, hitos, la gestión de datos, la identificación de riesgos, recursos y necesidades en materia de calificaciones y la identificación de los involucrados y la interacción.

El Plan de Proyecto dispone de una guía de tareas para el proceso de producción, junto a los responsables, productos entregables y las fechas de inicio y fin, y debe ser actualizado a medida que progresa el proyecto.

(ME) Obtener el compromiso respecto al plan

- (PE) Revisar planes que afectan el proyecto

Los planes que se desarrollen en otros ámbitos del proceso generalmente contienen información similar a la del plan general del proyecto. Estos planes pueden proporcionar una orientación detallada y deben ser compatibles con el plan general del proyecto para indicar quién tiene la autoridad, la responsabilidad y el control. Todos los planes que afectan al proyecto deben revisarse para garantizar una comprensión de los alcances, los objetivos, las funciones y las relaciones que son necesarias para que se alcance el éxito del proyecto.

- (PE) Reasignar el trabajo y niveles de recursos

Debe obtenerse el compromiso de los implicados y conciliar las diferencias entre las estimaciones y los recursos disponibles. La reconciliación es normalmente realizada por la reducción o aplazamiento de los requisitos de desempeño técnico, la negociación de más recursos, la búsqueda de medios para aumentar la productividad, el ajuste de la combinación de las capacidades del personal, o la revisión de todos los planes que afectan el proyecto o el calendario.

- (PE) Obtener compromiso para el plan

Obtener compromiso implica la interacción entre todos los interesados, internos y externos al proyecto. El individuo o grupo que realiza el compromiso debe tener confianza en que el trabajo puede llevarse a cabo dentro de los costos, el calendario y las limitaciones de rendimiento.

1.4.2 Monitoreo y Control del Proyecto.

Esta área de proceso de CMMI está estrechamente relacionada al área de proceso Planificación del Proyecto; la veracidad de ello se encuentra en que un plan del proyecto es la base para supervisar actividades, mantener el estado comunicación y tomar acciones correctivas; estas son actividades que se realizan durante el monitoreo y control del proyecto y que a su vez determinan si es necesario realizar modificaciones a los planes del proyecto.

El progreso es principalmente determinado por la comparación del estado actual del producto de trabajo y las tareas, el esfuerzo y el costo, respecto al plan. Cuando el estado actual se desvía significativamente de los valores esperados, las acciones correctivas son apropiadas. Estas acciones pueden requerir re-planificación, lo cual puede incluir la revisión del plan original, estableciendo nuevos acuerdos, o incluyendo actividades de mitigación adicionales dentro del plan actual.

El propósito del Monitoreo y Control de Proyecto (PMC) es proporcionar los conocimientos sobre el progreso del proyecto para que puedan tomarse las acciones correctivas apropiadas cuando las acciones se desvían del plan significativamente. (4)

El control de calidad es una serie de inspecciones, revisiones y pruebas utilizadas a lo largo del proceso del software para asegurar que cada producto cumple con los requisitos que le han sido asignados. (2)

El seguimiento y control del proyecto tiene como objetivo fundamental la vigilancia de todas las actividades de desarrollo del sistema. Es una de las labores más importantes en todo el desarrollo del software, ya que un adecuado control hace posible evitar desviaciones en costes y plazos, o al menos detectarlas cuanto antes.

Para poder ejercer un correcto seguimiento y control del proyecto es necesario que el Jefe de Proyecto dedique todo el tiempo que sea preciso a vigilar el estado de cada una de las tareas que se están desarrollando, prestando especial interés a aquellas que están sufriendo algún retraso. En el momento

en que se detecta cualquier desviación hay que analizar las causas para poder efectuar las correcciones oportunas y recuperar el tiempo perdido.

Las metas específicas relacionadas al área de proceso Seguimiento y control de proyectos son las siguientes:

- (ME) Monitorear Proyecto Respecto al Plan

El rendimiento y avance real del proyecto son monitoreados respecto al plan del proyecto.

- (ME) Dirigir Acción Correctiva de Cierre

Las acciones correctivas son gestionadas para el cierre cuando el rendimiento del proyecto o los resultados difieren significativamente del plan.

Cada una de estas metas, al igual que en el área de proceso Planificación de Proyecto plantea un conjunto de prácticas específicas (PE):

(ME) Monitorear Proyecto Respecto al Plan

- (PE) Monitorear Parámetros de la Planificación de Proyecto

El monitoreo típicamente involucra la medición de los valores actuales de los parámetros de la planificación de proyecto, comparando los valores reales con las estimaciones en el plan e identificando desviaciones significativas. Registrar los valores reales de los parámetros de la planificación de proyecto incluye el registro de la información contextual asociada para ayudar a entender las medidas.

Durante esta actividad debe efectuarse una medición periódica de la realización de actividades e hitos, establecer comparaciones del plan con la realidad (incluyendo las estimaciones realizadas) identificar desviaciones significativas respecto al plan del proyecto y realizar el seguimiento de los conocimientos y habilidades necesarios del personal del proyecto.

- (PE) Monitorear Compromisos.

Consiste en realizar el seguimiento de las responsabilidades y compromisos de los integrantes del proyecto respecto al plan del proyecto. Revisar regularmente los compromisos (tanto externos como internos). Identificar compromisos que no se han satisfecho o que están en riesgo significativo de no ser satisfechos. Documentar los resultados de las revisiones de compromisos.

- (PE) Monitorear Riesgos del Proyecto.

Una vez identificados los riesgos en el plan del proyecto debe realizarse el seguimiento de los mismos a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, durante esta actividad puede suceder la aparición de nuevos riesgos o el cambio de la probabilidad de ocurrencia e impacto de los ya existentes, por lo que la reorganización de acuerdo a su importancia y prioridad es una actividad esencial durante esta práctica. Por otra parte debe comunicarse a los interesados la situación de los riesgos.

- (PE) Monitorear Gestión de la Información.

Una vez que son confeccionados los planes para la gestión de la información del proyecto, la gestión de los datos debe ser monitorizada para asegurar que esos planes sean cumplidos.

- (PE) Monitorear implicación de los interesados.

Cuando se realiza la planificación del proyecto los implicados son identificados y la amplitud de su participación en el seno del proyecto es especificado, es entonces durante el monitoreo y control que esa participación debe ser monitorizada para asegurar que las interacciones adecuadas estén ocurriendo; para ello debe revisarse periódicamente el estado de participación de los implicados, identificarse y documentarse problemas importantes y sus consecuencias, además de los resultados de las revisiones de la participación de los implicados.

(PE) Dirigir Revisiones del Progreso

Periódicamente debe ser revisado el progreso del proyecto, rendimiento y resultados. Las revisiones del progreso son revisiones sobre el proyecto para mantener informado a los interesados. Estas revisiones pueden ser informales y no ser especificadas explícitamente en el plan del proyecto.

Se debe comunicar regularmente sobre el estado de las actividades asignadas y productos de trabajo relevantes para los interesados, que deben además, participar en las revisiones según corresponda;

revisar los resultados de recopilación y análisis de medidas para controlar el proyecto; identificar y documentar resultados importantes y desviaciones respecto al plan; documentar cambio de requisitos y problemas identificados en cualquiera de los procesos y productos de trabajo; documentar los resultados de las revisiones, etc.

- (PE) Dirigir revisiones de los hitos.

Las revisiones de los hitos son planificadas durante la planificación del proyecto y son típicamente revisiones formales. Esta actividad incluye realizar revisiones de puntos significativos en el calendario del proyecto, revisar compromisos, plan, estado, riesgos del proyecto, documentar los resultados de la revisión y las decisiones a tomar.

(ME) Dirigir Acción Correctiva de Cierre

- (PE) Analizar Problemas

Identificar y analizar los problemas y determinar las medidas correctivas necesarias para resolverlos. Como resultado se debe obtener una lista de problemas que requieren medidas correctivas.

- (PE) Toma de Acción Correctiva

Determinar y documentar las acciones adecuadas necesarias para abordar los problemas identificados. El resultado de esta actividad es la elaboración de un plan de acciones correctivas.

- (PE) Dirigir Acción Correctiva

Esta práctica consiste en gestionar las medidas correctivas de cierre, que incluye analizar los resultados de las acciones correctivas para determinar su eficacia y determinar y documentar acciones adecuadas para corregir desviaciones de resultados planificados para las acciones correctivas.

1.5 Métodos de planificación temporal.

La planificación temporal consiste en la identificación de tareas, asignación de tiempos y recursos a dichas tareas y planificación de la secuencia de ejecución de forma que el tiempo de desarrollo del proyecto sea mínimo. El objetivo del gestor del proyecto es definir todas las tareas del proyecto,

identificar las que son críticas y hacerles un seguimiento para detectar de inmediato posibles retrasos. La planificación temporal distribuye el esfuerzo estimado a lo largo de la duración prevista del proyecto. La planificación evoluciona con el tiempo. (12)

Entre los métodos de planificación temporal más empleados en diferentes empresas productoras de software tanto en Cuba como el mundo se encuentran:

1.5.1 Red de tareas.

Es una representación mediante una estructura en red de los hitos del proyecto, las tareas que deben ejecutarse en paralelo y las que deben llevarse a cabo en secuencia debido a una dependencia respecto a la tarea o tareas anteriores.

1.5.2 Diagramas de barras o de Gantt.

Representación gráfica de las tareas sobre una escala de tiempos. Las tareas se representan en forma de barra sobre dicha escala manteniendo la relación de proporcionalidad entre sus duraciones y su representación gráfica y su posición respecto del punto origen del proyecto. Esta gráfica permite verificar el grado de cumplimiento de la ejecución de las actividades.

1.5.3 Técnicas de Evaluación y Revisión de Programa (PERT, sus siglas en inglés).

Creado para proyectos del programa de defensa del gobierno norteamericano entre 1958 y 1959, se utiliza para controlar la ejecución de proyectos con gran número de actividades que implican investigación, desarrollo y pruebas. Es una técnica de control de tiempos para organizar, ordenar, asignar prioridades y controlar el progreso coordinado de las diferentes actividades que componen un proyecto. Parte de la descomposición del proyecto en actividades indicando el principio o fin de una actividad como un suceso.

El método utiliza una estructura de grafo para la representación gráfica de las actividades o tareas de un proyecto. Las actividades se representan por líneas o flechas (arcos del grafo) y los sucesos se representan por círculos (vértices del grafo); a cada actividad se le asigna un tiempo de duración y se establecen las relaciones entre actividades mediante una secuencia.

1.5.4 Método del Camino Crítico (CPM, sus siglas en inglés)

Desarrollado para dos empresas americanas entre 1956 y 1958. Este método consiste en determinar el camino o ruta crítica de las actividades de un proyecto; y se complementa con el método PERT en 1958.

El camino o ruta crítica es aquel que tiene una mayor duración entre los sucesos de inicio y fin representados por nodos en el grafo y coincide con la duración mínima del proyecto. Las actividades que unen estos nodos en la ruta crítica son las denominadas actividades críticas, aquellas que no admiten retraso en su ejecución ya que esto implicaría un retraso del proyecto en general. Por este motivo, el camino crítico muestra la parte del proyecto que hay que vigilar con mayor atención, puesto que es esta parte donde pueden aparecer problemas de retraso en la realización del proyecto planificado.

1.6 Técnicas de Estimación del Proyecto

Al principio, el coste del software constituía un pequeño porcentaje del coste total de los sistemas basados en computadora. Un error considerable en las estimaciones del coste del software tenía relativamente poco impacto. Hoy en día, el software es el elemento más caro de la mayoría de los sistemas informáticos. Para sistemas complejos, personalizados, un gran error en la estimación del coste puede ser lo que marque la diferencia entre beneficios y pérdidas. (2)

La estimación del coste y del esfuerzo del software nunca será una ciencia exacta. Son demasiadas las variables -humanas, técnicas, de entorno, políticas- que pueden afectar al coste final del software y al esfuerzo aplicado para desarrollarlo. Sin embargo, la estimación del proyecto de software puede dejar de ser un oscuro arte para convertirse en una serie de pasos sistemáticos que proporcionen estimaciones con un grado de riesgo aceptable. (2)

Actualmente en el mundo existen un conjunto de técnicas y métodos de estimación que le permiten al gestor de un proyecto realizar estimaciones con mayor confianza y aproximación a la realidad. Algunas de estas técnicas se describen a continuación:

1.6.1 Líneas de Código y Puntos de Función.

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

Difieren en el nivel de detalle que se requiere para la descomposición y el objetivo de la partición. Cuando se utiliza LDC como variable de estimación, la descomposición es absolutamente esencial y con frecuencia se toman para considerables niveles de detalle. Debido a que los datos requeridos para estimar los Puntos de Función son más macroscópicos, en nivel de descomposición al que se llega cuando PF es la variable de estimación es considerablemente menos detallado. También debe tenerse en cuenta que mientras que LDC se estima directamente, PF se determina indirectamente mediante la estimación del número de entradas, salidas, archivos de datos, peticiones e interfaces externas, entre otras.

Independientemente de la variable de estimación que use el planificador del proyecto, normalmente, proporciona un rango de valores para cada función descompuesta. A partir de los datos históricos o (cuando todo lo demás falla) usando su intuición, el planificador estima los valores optimista más probable y pesimista de LDC o de PF para cada función. Cuando lo que se especifica es un rango de valores, implícitamente se proporciona una indicación del grado de incertidumbre.

Entonces se calcula el valor esperado de LDC o de PF. El valor esperado (VE) para la variable de estimación, se obtiene como una medida ponderada de las estimaciones LDC o PF optimistas (S_{opt}), las más probables (S_m) y las pesimistas (S_{pess}). Por ejemplo:

$$VE = \frac{S_{opt} + 4S_m + S_{pess}}{6} ; \text{ da una mayor credibilidad a la estimación más probable. (2)}$$

1.6.2 Técnicas Delfi.

Esta técnica se basa en obtener el consenso de un grupo de expertos sin contar con los efectos negativos de las reuniones de grupos, pues los mismos se mantienen en el anonimato. Se proporciona a cada experto la documentación con la definición del sistema para que cada experto estudie la definición y determine su estimación en forma anónima; los expertos pueden consultar con el coordinador pero no entre ellos. Este proceso puede repetirse varias veces considerando las explicaciones de cada uno de los expertos, en especial si uno de ellos se desvía significativamente de las estimaciones de los demás expertos.

1.6.3 COCOMO.

El Modelo Constructivo de Costos (COCOMO, sus siglas en inglés) es una jerarquía de modelos de estimación de software que está definido para diferentes tipos de proyectos según el tamaño y complejidad del software así como el tamaño y experiencia del equipo de trabajo. El modelo COCOMO se ha convertido actualmente en uno de los modelos de estimación de coste del software más utilizados y estudiados en la industria.

El modelo original ha evolucionado a un modelo de estimación más completo denominado COCOMO II, que al igual que su predecesor es una jerarquía de modelos de estimación que tratan las Áreas siguientes:

Modelo de composición de aplicación. Utilizado durante las primeras etapas de la ingeniería del software, donde la interacción del sistema y del software, la evaluación del rendimiento y la evaluación de la madurez de la tecnología son de suma importancia.

Modelo de fase de diseño previo. Utilizado una vez que se han estabilizado los requisitos y que se ha establecido la arquitectura básica del software.

Modelo de fase posterior a la arquitectura. Utilizado durante la construcción del software.

1.6.4 Estimación basada en el proceso.

La técnica más común para estimar un proyecto es basar la estimación en el proceso que se va a utilizar. Es decir, el proceso se descompone en un conjunto relativamente pequeño de actividades o tareas y en el esfuerzo requerido para llevar a cabo la estimación de cada tarea.

Al igual que las técnicas basadas en problemas, la estimación basada en el proceso comienza con un esbozo de las funciones del software obtenidas a partir del ámbito del proyecto. Para cada función se debe llevar a cabo una serie de actividades del proceso de software.

Una vez que se mezclan las funciones del problema y las actividades del proceso, el planificador estima el esfuerzo (por ejemplo: personas-mes) que se requerirá para llevar a cabo cada una de las actividades del proceso de software en cada función.

Como último paso se calculan el esfuerzo de cada función y la actividad del proceso de software.

Si la estimación basada en el proceso se realiza independientemente de otras técnicas de estimación, se tendrán dos o tres estimaciones del esfuerzo que se pueden comparar y evaluar. Si ambos tipos de estimaciones muestran una concordancia razonable, hay una buena razón para creer que las estimaciones son fiables. Si por otro lado, los resultados de estas técnicas de descomposición muestran poca concordancia, se debe realizar más investigación y análisis.

1.7 Herramientas de Gestión de Proyectos

Aunque no substituyan el trabajo de los gestores de proyectos, dichas herramientas constituyen un apoyo importante a la planificación, el seguimiento y el control de proyectos de software, ya que en la mayoría de los casos facilitarán la labor de aquellos, que de una forma u otra se ven implicados en la gestión de de proyecto, e incluso pueden ser empleadas en varios casos para la planificación individual. Actualmente en el mundo se ha desarrollado un grupo no pequeño de herramientas de este tipo, entre las cuales se encuentran:

1.7.1 MS-PROJECT

Microsoft Project es una herramienta de administración de proyectos eficaz y flexible que se puede utilizar para controlar proyectos simples o complejos. Es un programa o software para la gestión de

proyectos que permite organizar la información acerca de la asignación de tiempos a las tareas, los costos asociados y los recursos, tanto de trabajo como materiales del proyecto para que se puedan respetar los plazos sin exceder el presupuesto y conseguir así los objetivos planeados. También es muy útil para programar y realizar un seguimiento de todas las actividades y para supervisar su progreso.

MS-PROJECT programa el comienzo y el fin de una tarea teniendo en cuenta muchos factores, incluidas las dependencias entre tareas, las delimitaciones y las interrupciones, como días festivos y vacaciones. Lo que es más importante Microsoft Project programa cada tarea utilizando la fórmula $\text{duración} = \text{trabajo} / \text{esfuerzo de recurso}$, donde:

Duración: es la cantidad de tiempo que transcurre antes de que la tarea sea realizada.

Trabajo: es el esfuerzo necesario durante un período de tiempo para realizar una tarea.

Esfuerzo de recurso: es la cantidad de esfuerzo de los recursos asignados a la tarea y su asignación. (13)

Una de las ventajas de esta herramienta es que presenta vistas de la información del proyecto en un formato fácil de interpretar. Por ejemplo, el Diagrama de Gantt muestra información básica de tareas en columnas y un gráfico de barras. Además de otras representaciones como el Diagrama de red, el Gráfico de recursos y el Calendario. También ofrece la posibilidad de mostrar el método CPM (Método del Camino Crítico) y el diagrama PERT (o red de actividades). (13)

1.7.2 GanttProject

GanttProject es una aplicación de escritorio, con interfaz similar a MS-Project, pero mucho más ligero; permite programar y organizar las tareas y asignación de personas y recursos sobre una representación Gantt.

Permite diseñar diagramas de Gantt al igual que MS-PROJECT para planificar todas las tareas y las actividades de un proyecto en el tiempo establecido facilitando una visualización amena del estado de progreso de cada actividad.

Gantt Project está programado en Java y corre en entornos Windows y Linux, genera archivos XML pero permite generar otro tipo de formato.

1.7.3 Gantt PV

Gantt PV es un programa gratuito, de apariencia sencilla y sin grandes complicaciones, para planificación de proyectos, descomposición, representación y seguimiento de tareas sobre diagrama de Gantt. Corre en entornos Windows, MacOS y Linux.

1.7.4 DotProject

Herramienta construida por aplicaciones de Código Abierto; es una aplicación basada en Web, multiusuario soporta varios lenguajes y es Software Libre. Está especializada en la administración de proyectos por Internet e Intranet. Es fácil de instalar y configurar, así como perfecto para los pequeños y medianos grupos de proyectos que trabajan sobre sistemas extensamente distribuidos. Esta herramienta utiliza el diagrama de Gantt para representar el seguimiento y control de sus actividades en un tiempo determinado. Entre sus principales funciones se encuentran la asignación de recursos al proyecto, la administración de versiones de ficheros y repositorio de ficheros, el seguimiento de errores y el seguimiento de tareas.

1.7.5 Trac

Trac es una herramienta de código abierto, es flexible, rápida y fácil de utilizar, e integra herramientas para comunicación, gestión, seguimiento de proyecto y control de versiones. Mediante esta herramienta se podrá ver la evolución del proyecto, así como las tareas que haya en todo momento para alcanzar los objetivos planteados. Cada proyecto puede tener su web de gestión y de forma sencilla se puede controlar las actividades.

Las principales utilidades de esta herramienta son las siguientes:

- Permite mantener activa y vigente la documentación a través de una Wiki.
- Muestra una vista de los cambios recientes que se han desarrollado en el proyecto.
- Permite mantener un control de hitos para conocer el estado del proyecto.

- Da la posibilidad de monitorear los errores detectados con funcionalidades como abrir, asignar y cerrar incidencias. Tiene un sistema de aviso integrado que notifica cuando se tiene una nueva tarea, sugerencia o error.
- El Diagrama de Gantt se puede extender casi ilimitadamente creando funcionalidades para el monitoreo del proceso y otras que el programador sea capaz de adicionar.

Esta herramienta es muy útil cuando se desea hacer una buena planificación de un proyecto productivo de software ya que permite organizar y controlar todo el trabajo a realizar, posibilita almacenar cada paso que se vaya haciendo y modificarlo sin perder la copia anterior. No sobrescribe ningún código, ni documento, sino que siempre se crea una nueva copia del mismo. Permite además, fragmentar el trabajo y luego volver a unir el módulo en que se esté trabajando. Es una herramienta muy dinámica que permite el trabajo rápido y fácil de manejar, además de visualizar su seguimiento y control de una forma explícita, para así poder conocer en qué estado se encuentra el proyecto en que se esté trabajando.

1.8 Medición y análisis

El propósito de la medición y el análisis es desarrollar y sostener capacidades de medición para dar soporte a la gerencia de la información. Cuando se planifica un proyecto se tiene que obtener estimaciones del costo y esfuerzo humano requerido por medio de las mediciones de software que se utilizan para recolectar los datos cualitativos acerca del software y sus procesos para aumentar su calidad. Esta actividad no sólo es útil en las estimaciones y planificación del proyecto, sino que además se sustenta en un conjunto de métricas que permiten conocer el estado actual del proyecto, el producto y el proceso, por lo que constituye una actividad importante a tener en cuenta para el seguimiento y control de proyectos informáticos.

Conclusiones

Mediante este capítulo se realizó un estudio del modelo CMMI, principalmente de las áreas de proceso: Planificación de Proyecto y Monitoreo y Control de Proyecto, así como de algunas herramientas de gestión, técnicas y métodos empleados hoy en día que apoyan el desarrollo de los procesos de planificación, monitoreo y control de proyectos; también se abordaron algunos estándares de calidad relacionados con estos procesos.

CAPÍTULO 2: SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PROYECTOS PRODUCTIVOS DE REALIDAD VIRTUAL DE LA FACULTAD 5.

Introducción

En este capítulo se presenta una breve descripción del Polo de Realidad Virtual de la Facultad 5, así como el estado actual de los proyectos productivos de Realidad Virtual en cuanto a las actividades de planificación, monitoreo y control del proyecto, basándose en las encuestas y entrevistas realizadas tanto a Jefes de Proyectos como a miembros de los mismos. Al final del capítulo se realiza una evaluación de dichas actividades para luego realizar un resumen sobre la situación actual de estos procesos.

2.1 Breve introducción al Polo de Realidad Virtual

Con el propio desarrollo de la Universidad de las Ciencias Informáticas se ha ido consolidando la integración de los procesos que tributan al cumplimiento de sus objetivos fundamentales. La organización en polos productivos se ha conceptualizado como la unidad funcional básica donde confluyen los procesos principales; espacio donde se deben integrar los procesos de formación, investigación – desarrollo, producción y comercialización en torno a una temática para crear una rama productiva. (14)

Los proyectos de la facultad 5 se han organizado en dos polos productivos:

- Polo de Realidad Virtual
- Polo de Hardware y Automática

Actualmente el Polo de Realidad Virtual (RV) de la Facultad 5 desarrolla productos de Realidad Virtual. Para ello se basa fundamentalmente en el Perfil de Entornos Virtuales que reciben los estudiantes de pregrado, el Diplomado de Realidad Virtual encaminado a garantizar la superación de los profesionales que enfrentan el reto productivo y el Grupo de Investigación de Realidad Virtual, encargado de garantizar resultados aplicables a productos concretos garantizando su competitividad, impacto social, medioambiental y económico. (14)

La estructura dentro del Polo está agrupada en tres categorías diferentes:

- Proyectos que desarrollan soluciones finales (comercializables).
- Proyectos que desarrollan productos de apoyo y servicios de soporte a la producción.
- Grupos de trabajo en torno a la actividad productiva. (15)

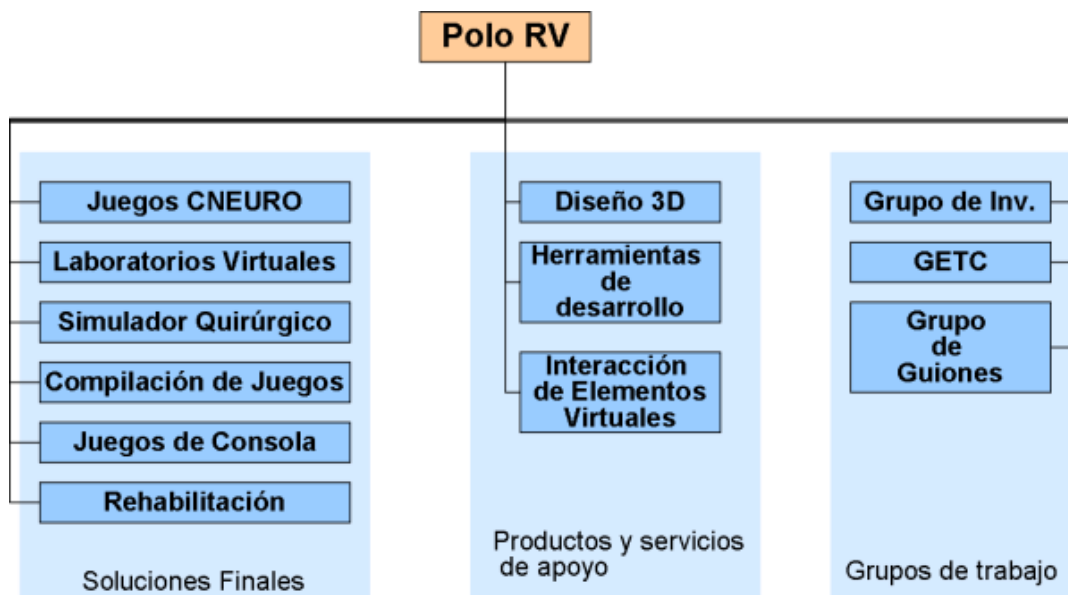


Figura 2.1 Esquema de Proyectos del Polo de Realidad Virtual

Los proyectos pertenecientes al Polo de Realidad Virtual son los siguientes:

- Laboratorios Virtuales
- Compilación de juegos
- Diseño 3D
- Simulador Quirúrgico
- Juegos CNEURO
- Juegos de Consola
- Rehabilitación
- Interacción de Elementos Virtuales
- Herramientas de Desarrollo para Sistemas de Realidad Virtual

2.2 Situación actual de los proyectos productivos de Realidad Virtual

Con el propósito de evaluar la situación actual de los proyectos y determinar los principales problemas que afectan la planificación, el monitoreo y el control y proponer una adecuada solución basada en el modelo CMMI, se realizó una lista de chequeo (Anexo 1) basada en las áreas de proceso de CMMI: Planificación de Proyecto, Monitoreo y Control de Proyecto; y a partir de esta, se elaboró un cuestionario (Anexo 2) para realizar las entrevistas a miembros y jefes de proyecto de los respectivos Proyectos Productivos. Se realizó además un estudio cuidadoso de cada uno de los proyectos mediante los expedientes de proyectos y algunos datos adicionales que se ofrecen en el sitio de producción <http://wiki.prod.uci.cu> de la UCI.

2.2.1 Laboratorios Virtuales

Este proyecto plantea responder a las necesidades de educadores y capacitadores en el ámbito universitario, de la educación general y empresarial, en que sean necesarios entornos de aprendizaje que incluyan simulaciones de procesos basados en Realidad Virtual para fines educacionales o de adiestramiento.

Usando tecnología Web y de escritorio, se diseñan e implementan prácticas de laboratorio relacionadas con leyes y postulados de las Ciencias Naturales, potenciando en los estudiantes habilidades relacionadas con el análisis y generalización o permitiendo simular componentes caros o peligrosos. Igualmente permite el adiestramiento de personas en ambientes industriales especiales o de riesgo, tantas veces como sea necesario y a bajos costos. (16)

Productos que genera:

- Entorno Virtual de Aprendizaje para Prácticas de Laboratorio sobre Web.
- Laboratorio Virtual de Física (pre-universitario).
- Laboratorio Virtual de Biología (pre-universitario).
- Laboratorio Virtual de Química (pre-universitario).

Para definir la duración total del proyecto, los recursos a emplear, el tiempo de duración de las tareas y el alcance del proyecto, se realizan un grupo de estimaciones basadas en las experiencias del proyecto, aunque, no se emplean métodos o técnicas de estimación; además, la experiencia en este tipo de productos es baja, por lo que existe un alto riesgo en las estimaciones que se realizan.

No están documentadas las fases del ciclo de vida del proyecto, incluyendo los hitos que se establecen al final de cada fase para revisar y controlar el estado del proyecto.

Se han identificado los roles y responsabilidades de cada uno de los miembros del proyecto, así como los recursos con los que cuenta el proyecto y un grupo de problemas que afectan a los mismos, también se encuentra documentado la asignación de las computadoras del laboratorio distribuidas por los miembros de proyectos con un horario establecido.

Aunque se han determinado un grupo de objetivos y acciones para la capacitación de los miembros del proyecto no se describen cuáles son las habilidades y conocimientos necesarios para llevar a cabo el proyecto sin dificultades y en el tiempo previsto; además el cronograma de capacitación no está bien definido.

Se han identificado los riesgos y especificado su probabilidad de ocurrencia (número de 0 a 1 que indica si es baja, media o alta) y el impacto que pueden ocasionar si llegaran a materializarse (clasificados en tolerables, serios y catastróficos, y enumerados de 3 a 5). Están documentadas las medidas para mitigarlos y el monitoreo de los mismos.

No está documentado el cronograma de trabajo con las tareas y sus interdependencias, aunque si se realiza la asignación de tareas mediante Red Mine, herramienta que se utiliza para la gestión del proyecto.

Está documentado un plan de revisiones para verificar y controlar el progreso del proyecto, no obstante no están bien definidas las fechas de las revisiones y no se han documentado los resultados.

No se ha determinado un plan para la gestión de la información empleada en el proyecto o resultado de investigaciones realizadas.

2.2.2 Compilación de juegos

El proyecto consiste en la realización de dos juegos destinados a la población infantil de Venezuela, entre las edades de 9 a 11 años, son juegos en dos dimensiones con el objetivo de que los niños venezolanos sepan la importancia de la revolución energética que se lleva a cabo en su país y de como influye esta en el cuidado de nuestro planeta. (17)

Para definir el tiempo de duración de las tareas y la duración total del proyecto se realizan estimaciones basadas en el proceso, y una vez finalizadas se documentan para la elaboración del cronograma de trabajo.

No se determinan las fases del ciclo de vida del proyecto, aunque si se identifican algunos hitos para el control del proyecto.

Se elabora un cronograma con la duración de las tareas e interdependencias entre las mismas utilizando como apoyo la herramienta Microsoft Office Project.

Aunque se identifican los riesgos y además se gestionan, documentándose y, determinando un conjunto de medidas para mitigarlos para realizar un adecuado seguimiento, no incluyen todos los problemas que puedan afectar en un futuro el desarrollo del proyecto y el producto.

No se elabora un documento con la planificación para los recursos del proyecto ni se realiza el seguimiento a los mismos, aunque si se determinan los roles y responsabilidades de los miembros del proyecto.

Se realiza un cronograma para impartir cursos de capacitación a los miembros del proyecto para un correcto desempeño en las tareas que les correspondan, pero no están identificados todos los conocimientos y habilidades necesarios para llevar a cabo el producto en el tiempo establecido.

Las revisiones sobre el avance del proyecto se realizan semanalmente, controlando además las responsabilidades de cada uno de los miembros del proyecto, pero no se documentan los resultados de las revisiones ni se elabora una lista de problemas, sino que se plantean un grupo de acciones correctivas en caso de que sea necesario, estas acciones tampoco son documentadas.

En el proyecto no se cuenta con un plan para la gestión de la información referente al mismo.

2.2.3 Diseño 3D

La principal misión del proyecto “Diseño 3D” es dar servicio de modelaje y animación a los proyectos de la Facultad 5. Como alternativa colateral esta la prestación de servicios a proyectos de extensión universitaria, dentro de los que se incluyen:

- Videos para los juegos deportivos

- Videos para los festivales de cultura y galas artísticas.
- Modelaje de escenarios para set virtuales de TV.
- Modelaje o animación a proyectos UCI, que no cuenten con la tecnología para hacerlo por sus propios medios. (18)

Para poder determinar la duración total del proyecto, el tiempo de duración de las tareas, el alcance del proyecto, el tamaño del producto y los recursos, se reúne un grupo de miembros del proyecto y realizan estimaciones basadas en las experiencias, generalmente por intuición, no utilizan ninguna técnica o método de estimación, ni se documentan las estimaciones realizadas.

Las fases del ciclo de vida del producto determinadas son:

- Modelado.
- Texturizado.
- Animación.
- Renderizado.

Al final de cada una de estas fases se identifican hitos para el control del progreso del proyecto.

El cronograma de trabajo dispone de la duración de cada tarea y las interdependencias entre las tareas, y para su gestión se utiliza MS-Project como una herramienta para facilitar el trabajo con el cronograma.

Los riesgos del proyecto se identifican y analizan según su probabilidad de ocurrencia e impacto, sin embargo, no se documentan ni se realiza el seguimiento a los mismos; se determinan un grupo de medidas para mitigar los riesgos pero no están documentadas.

Aunque si están definidos los recursos con los que cuenta el proyecto y las necesidades del proyecto, no existe un plan documentado para el control de los mismos, lo que impide realizar un adecuado seguimiento.

Se reconocen las habilidades y conocimientos necesarios para que los miembros del proyecto puedan llevar a cabo sus tareas de forma eficiente; no obstante, no existe un plan de capacitación documentado que garantice el control sobre los cursos de capacitación.

No se realiza la planificación de la participación de las personas involucradas en las distintas actividades del proyecto.

Semanalmente se realizan revisiones sobre el avance del proyecto para comprobar en que estado se encuentra el producto y verificar el cumplimiento de las tareas, los roles y responsabilidades por parte de los miembros del proyecto; aunque no se documentan los resultados de las revisiones ni se elabora una lista de problemas si se definen un grupo de acciones correctivas para la solución a los mismos, pero tampoco son documentadas.

No se establece un plan para la gestión de la información pertinente al proyecto, y aunque si se han realizado productos anteriormente no se cuenta con ninguna información sobre el desarrollo de los mismos.

2.2.4 Simulador Quirúrgico

El simulador quirúrgico es un proyecto multidisciplinario. Su desarrollo fue concebido en 4 etapas donde se obtendrán ejercicios de entrenamiento para cirujanos de mínimo acceso con mayor grado de dificultad y alto nivel de realismo, según la etapa desarrollada hasta el punto que el médico tendrá la posibilidad de planificar y repasar virtualmente una operación con modelos 3D generados a partir de información real del paciente. (19)

El objetivo general de este proyecto es crear un prototipo cubano de simulador que aplique la Realidad Virtual al proceso de enseñanza de la cirugía de laparoscopia y de la endoscopia diagnóstica y terapéutica del tracto gastrointestinal, el cual se insertará en sus inicios en las Instituciones Médicas Cubanas y puede que posteriormente se expanda su uso a países de Latinoamérica y el Caribe. (20)

Los módulos principales en la primera etapa están determinados por el desarrollo de los ejercicios según las habilidades básicas a desarrollar en el médico, con el objetivo de lograr el primer producto del proyecto "Simulador de Habilidades Básicas":

- Módulo del ejercicio de Coordinación mano-ojo.
- Módulo del ejercicio de Inspección con la Cámara.
- Módulo del ejercicio de Selección de Objeto.
- Módulo de colisiones. Colisiones precisas entre objetos, se integra al SceneToolkit.
- Módulo de Deformaciones. Deformaciones de objetos blandos, se integra al SceneToolkit.

Otros resultados esperados de la primera etapa, son los generados a partir de investigaciones que se realizan para el desarrollo continuo de las etapas posteriores:

- Demo de corte de una malla.
- Demo de fluido.
- Demo de Reconstrucción 3D de estructuras orgánicas.
- Demo de deformación usando 3D Chain-Mail.
- Editor de Propiedades Físicas. (19)

Para definir la duración total del proyecto, los recursos a emplear, el tiempo de duración de las tareas y el alcance del proyecto, se realizan un grupo de estimaciones basadas en las experiencias del proyecto, no se emplean métodos o técnicas de estimación; además de que la experiencia tampoco es alta, por lo que no existe mucha confianza en dichas estimaciones.

Las fases del ciclo de vida del producto definidas son: Análisis y diseño, Desarrollo, Prueba y Liberación; estableciéndose los hitos al final de cada fase.

El cronograma del proyecto sólo incluye las actividades a realizar, agrupadas en un conjunto de tareas con igual fecha de inicio y fin, especificando solamente el mes y el año. Carecen de una herramienta de gestión que facilite el trabajo con el cronograma.

Se elabora un plan de mitigación de riesgos donde se identifican y analizan los riesgos según su probabilidad de ocurrencia en, Nula: 0, Baja: 0.2, Media: 0.5, Alta: 0.8, Muy alta: 1 y el impacto en, Nulo: 0, Insignificante: 1, Tolerable: 2, Significativo: 3, Serio: 4, Catastrófico: 5; se determina el factor de riesgo mediante la fórmula: $\text{Factor de riesgo} = \text{Probabilidad} + \text{Impacto}$; y se definen medidas para mitigar los riesgos.

Se identifican los conocimientos y habilidades necesarias para llevar a cabo el proyecto exitosamente, elaborando un plan de capacitación sobre los mismos.

Están definidas las responsabilidades y roles de cada integrante del proyecto, así como los recursos necesarios empleados en el proyecto; si embargo, no cuentan con un plan para la gestión de los recursos.

Se hacen revisiones quincenales sobre el avance del proyecto documentando y los resultados de las mismas, aunque no se documentan los problemas ni las acciones para corregirlos o solucionarlos.

No tienen documentado el plan para la gestión de la información referente al proyecto.

2.2.5 Juegos CNEURO

Este proyecto surge a partir de la necesidad de un método eficaz para la intervención de la Discalculia (dificultades específicas en el proceso del aprendizaje del cálculo, que se observan entre los alumnos de inteligencia normal, no repetidores de grado y que concurren normalmente a la escuela primaria, pero que realizan deficientemente una o más operaciones matemáticas.). Este problema afecta a todas las personas que la padecen y el impacto es inmenso. Producto de la inexistencia de una manera efectiva de intervenir la Discalculia hay muchas personas que viven con este padecimiento. Los niños son los que más lo sufren ya que les dificulta mucho su aprendizaje en la escuela, lo que los puede afectar psicológicamente aparte de que no avanzan en sus conocimientos. (21)

La elaboración del producto consta de tres módulos:

- Kernel
- Algoritmo adaptativo
- Niveles (22)

Para determinar la duración total del proyecto, el tiempo de duración de las tareas y el alcance del proyecto, se realizan estimaciones basadas en las experiencias del proyecto, no se emplean métodos o técnicas de estimación, ni se documentan las estimaciones realizadas; además de que la experiencia tampoco es alta, por lo que existe un alto grado de incertidumbre en las estimaciones.

No determinan fases para el ciclo de vida del producto, no obstante, si identifican algunos hitos para determinar el progreso del proyecto y efectuar comparaciones respecto al plan.

Están organizadas las tareas en un cronograma que especifica las actividades, así como fechas de inicio y fin planificadas, fechas de inicio y fin real, sus responsables y una breve observación. No se utiliza ninguna herramienta para la gestión de tareas.

Se establecen las fases de RUP: inicio, elaboración, construcción y transición; se identifican los hitos al final de cada una de las fases para determinar el estado del proyecto.

Para la mitigación de los riesgos se encuentra definido un plan que incluye:

- Riesgos del proyecto.
- Impacto (clasificado en Nulo: 0, Insignificante: 1, Tolerable: 2, Serio: 4, Catastrófico: 5).
- Medidas para la mitigarlos.
- Monitoreo del riesgo.
- Tareas para la gestión de los riesgos.

Aunque si se establece un pequeño cronograma de capacitación, no se identifican adecuadamente los conocimientos y habilidades necesarias para que los miembros del proyecto puedan llevar a cabo las tareas asignadas sin dificultades que provoquen retraso en la realización del producto.

Están identificados los roles y responsabilidades de cada uno de los miembros del proyecto, además de listar los recursos con los que se cuenta y la asignación de las computadoras a los mismos, así como el horario de uso. También se realiza el monitoreo de los recursos.

Se establece un plan para la participación de los involucrados en las distintas actividades del proyecto y se realizan revisiones sobre el avance del proyecto y las responsabilidades de los miembros del proyecto mensualmente; no se documenta el resultado de las revisiones, ni los problemas que afectan al proyecto.

No se ha elaborado un plan para la gestión de la información referente al proyecto.

2.2.6 Juegos de Consola

El objetivo del proyecto es la realización de video-juegos de carreras de autos para los parques de diversiones cubanos, el cual le da la oportunidad al jugador de conducir autos que diariamente están con nosotros en la vida real, por la capital virtual de nuestro país, el mismo tiene un gran impacto económico en nuestros parques de diversiones debido a que su adquisición es gratuita. (23)

El proyecto surge ante la necesidad del Consejo de Estado de modernizar los parques de diversiones con la introducción de video-juegos capaces de proporcionar una sana recreación a los niños

principalmente en el rango de 8 a 12 años de edad, el presente se limita a definir, diseñar e implementar un entorno gráfico 3D en tiempo real con sonido realista e interacción con el usuario para lograr la integración de un juego de conducción de automóviles que será instalado en el Parque Mariposa. (24)

Para realización del producto se determinan los casos de uso que lo sustentan y luego se organizan o agrupan para conformar funciones más generales o módulos:

- ASE
- Detención de colisiones
- Controladores (Joystick)
- Sonido (Avi, Mp3)
- Lógica del juego
- Modelamiento físico-matemático
- Menú
- RPM (24)

En el proyecto se realizan estimaciones del tiempo de duración de las tareas, así como el tiempo total del proyecto, recursos y alcance del proyecto; sin embargo, tienen un grado de incertidumbre bastante alto debido a que no se utiliza ninguno de los métodos de estimación estudiados y a la falta de experiencia de los miembros del proyecto en la realización de productos de este tipo.

Es elaborado un cronograma donde se especifican las tareas, así como fechas de inicio y fin planificadas, el resultado real y sus responsables. No cuentan con una herramienta que les permita facilitar el trabajo.

Para definir las fases del ciclo de vida del proyecto se basan en la metodología RUP, de esta forma quedan establecidas las fases del proyecto como: inicio, elaboración, construcción y transición, identificando hitos al final de cada fase.

Los riesgos del proyecto se identifican y analizan según su probabilidad de ocurrencia en, Nula: 0, Baja: 0.2, Media: 0.5, Alta: 0.8, Muy alta: 1 y el impacto en, Nulo: 0, Insignificante: 1, Tolerable: 2, Significativo: 3, Serio: 4, Catastrófico: 5; se determina el factor de riesgo mediante la fórmula: Factor de riesgo = Probabilidad + Impacto; se encuentra documentado un plan para mitigarlos. No obstante en

varios casos la definición del riesgo es incoherente o ambigua y la columna sobre monitoreo de los riesgos aparece vacía.

Existe un plan para los recursos del proyecto, aunque no se realiza un seguimiento al mismo.

Se han identificado conocimientos y habilidades necesarias para que los miembros del proyecto lleven a cabo sus responsabilidades exitosamente, pero no existe un plan de capacitación documentado.

Está definido un documento que contiene las responsabilidades y actividades a desarrollar por cada uno de los miembros del proyecto.

Carecen de un plan de participación de las personas involucradas por actividades del proyecto.

Se realizan reuniones quincenales para revisar el estado del proyecto, donde entre otras cosas se controla el cronograma y el cumplimiento de las tareas, elaborando un plan de acciones para darles solución a los problemas, aunque no se realiza el seguimiento del plan.

No está definido un plan para la gestión de la información referente al proyecto.

2.2.7 Rehabilitación

El producto que se desarrolla es una aplicación para la rehabilitación de personas discapacitadas que pueden tener alteraciones de las funciones sensoriales, motoras y mentales.

Con el vertiginoso desarrollo tecnológico contemporáneo y el marcado avance en las ciencias de la Matemática y de la Informática Gráfica, entre otras, ha surgido una nueva oportunidad para la reeducación de personas discapacitadas, fundamentada en la Informática o Rehabilitación Computacional, incluyendo a la Realidad Virtual como una de las manifestaciones más novedosas para el entrenamiento en el aprendizaje de las funciones cognitivas.

El objetivo central de este Proyecto es la investigación y el desarrollo tecnológico para introducir un nuevo recurso terapéutico en la reeducación de personas con alteraciones en las funciones sensitivas, motoras y mentales, fundamentado en la rehabilitación computacional, empleando la Realidad Virtual con técnicas de Biorretroalimentación. (25)

Para determinar la duración total del proyecto, el tiempo de duración de las tareas, el alcance del proyecto y los recursos necesarios, se realizan estimaciones por otras personas con mayor experiencia en el tema, considerándose como juicio de expertos, no obstante, dichas personas también carecen de una alta experiencia, que permita un alto grado de confianza en las estimaciones.

No se definen las fases del ciclo de vida del proyecto, pero si se identifican hitos para el control del proyecto y se realiza el seguimiento de los mismos.

Se emplea Trac como herramienta de gestión de proyectos para la construcción y gestión del cronograma de trabajo, con las interdependencias entre las tareas y la duración de cada una de ellas con sus respectivos responsables.

Aunque si se realiza la identificación, análisis de los riesgos del proyecto, ordenándolos según su probabilidad de ocurrencia e impacto en una tabla, se realiza el seguimiento de los mismos y planifican las medidas para mitigarlos, no se consideran suficientes los riesgos identificados en el proyecto.

Existe un plan para los recursos del proyecto, aunque no se realiza un adecuado seguimiento al mismo.

Se han identificado conocimientos y habilidades necesarias para que los miembros del proyecto lleven a cabo sus responsabilidades exitosamente y existe un plan de capacitación documentado para impartirlos.

El proyecto carece de un plan de participación de las persona interesadas en cada una de las actividades del proyecto.

Está definido un documento que contiene las responsabilidades y actividades a desarrollar por cada uno de los miembros del proyecto. Se realizan revisiones con carácter semanal sobre el estado del proyecto, aunque no se documenta el resultado de las mismas, ni se documentan los problemas para tomar medidas correctivas que lleven a la solución.

No está definido un plan para la gestión de la información referente al proyecto.

2.2.8 Interacción de Elementos Virtuales

Surge con el objetivo de incorporar en los proyectos productivos de la facultad las mejoras necesarias mediante la incorporación de algunos elementos inteligentes, trabajando de manera independiente.

Productos que genera:

- Módulos de inteligencia necesarios para cada producto que lo requiera.
- Brinda asesoramiento en estos temas cuando la solución no requiera un producto elaborado completamente por el proyecto.
- Los miembros que sean necesarios formarán parte de los proyectos que lo requieran.
- Desarrollo de una biblioteca genérica de inteligencia artificial. (26)

En el proyecto no se realizan estimaciones; no se determinan las fases del ciclo de vida del proyecto, pero si tienen identificados algunos hitos de control.

Se realiza el cronograma del proyecto con las interdependencias entre las tareas, sin embargo no se emplea ninguna herramienta que facilite un adecuado seguimiento y control de las tareas definidas.

Está documentado el plan para la gestión de los riesgos del proyecto que incluye un conjunto de medidas para mitigarlos, no obstante no se organizan los riesgos por su importancia o prioridad.

No se elabora un documento con la planificación para los recursos del proyecto ni se realiza el seguimiento a los mismos, aunque si se determinan los roles y responsabilidades de los miembros del proyecto.

Están identificados los conocimientos habilidades necesarias y un plan de capacitación para que los miembros del proyecto puedan llevar a cabo sus tareas.

Se realizan revisiones respecto al plan y las responsabilidades de cada uno de los miembros del proyecto, con frecuencia quincenal. No se documenta el resultado de las revisiones pero si se elaboran una lista de problemas y se determinan un conjunto de medidas correctivas para su posterior solución, aunque no se documenta el plan de medidas ni se realiza un adecuado seguimiento.

2.2.9 Herramientas de Desarrollo para Sistemas de Realidad Virtual

El proyecto surge por la necesidad de crear herramientas de desarrollo propias que posibiliten el desarrollo de aplicaciones de Realidad Virtual en el tiempo y con la calidad requerida, ya que en todo caso se tienen herramientas libres de Internet o herramientas compradas que no responden a las necesidades de los proyectos. Es por ello que el proyecto tiene como propósito generar herramientas para uso de otros proyectos de Realidad Virtual del Polo. El producto principal es una Herramienta Básica para Desarrollo de Sistemas de Realidad Virtual (denominado SceneToolKit). De manera paralela se producen otras herramientas de apoyo a la SceneToolKit o a la producción en general. (27)

Las funciones que debe sustentar el producto se encuentran organizadas por módulos; los principales módulos se encuentran distribuidos por capas de la siguiente manera:

1. Módulos de la capa ENGINE (contiene todo el proceso de simulación: trabajo físico-matemático, manejo de las estructuras de datos, actualización de objetos como geometrías, cámaras y luces, aplicación de animaciones, etc.):
 - Módulo de manejo de aplicación. Incluye manejo de eventos.
 - Módulo de carga de ficheros.
 - Módulo de animaciones. Incluye movimiento por caminos y animaciones de personajes.
 - Módulo de geometrías. Incluye geometrías, poli-líneas y mallas.
 - Módulo de elementos gráficos. Incluye estados de render, cámaras, luces y colores.
 - Módulo de componentes para interfaces visuales.
 - Módulo matemático. Incluye vectores, matrices y otros.
 - Módulo físico. Incluye manejo físico, detección de colisiones y seguimiento de terrenos.
 - Módulo grafo de escena y nodos.

2. Módulos de la capa RENDERER (actúa como interfaz entre la herramienta y las librerías gráficas, y por tanto es la que regula el proceso de dibujado):
 - Módulo DirectX
 - Módulo OpenGL

3. Módulos de la capa APPLICATION (actúa como interfaz entre la herramienta y los Sistemas Operativos, y le da acceso a los usuarios a las funcionalidades de la herramienta):

- Punto de entrada para SO Linux
- Punto de entrada para SO Windows (28)

El jefe del proyecto establece estimaciones sobre el tiempo de duración de cada tarea, así como el tiempo total del proyecto y los recursos necesarios; no obstante no se documentan dichas estimaciones y además no se utiliza ninguna técnica ni método de estimación para la determinación de las mismas, se realizan mediante intuición, por lo que el grado de incertidumbre es bastante alto.

No se identifican las fases del ciclo de vida del proyecto, pero si definen algunos hitos para controlar el progreso. No utilizan ninguna herramienta que les permita gestionar con mayor facilidad el seguimiento del cronograma de trabajo y las interdependencias entre las tareas, aunque si disponen de un cronograma de trabajo para la realización de las tareas del proyecto.

Se elabora un plan de mitigación de riesgos donde se identifican y analizan los riesgos según su probabilidad de ocurrencia en, Nula: 0, Baja: 0.2, Media: 0.5, Alta: 0.8, Muy alta: 1 y el impacto en, Nulo: 0, Insignificante: 1, Tolerable: 2, Significativo: 3, Serio: 4, Catastrófico: 5; se determina el factor de riesgo mediante la fórmula: $\text{Factor de riesgo} = \text{Probabilidad} + \text{Impacto}$; así como las medidas para mitigarlos, pero no se realiza el seguimiento a dicho plan.

Se encuentran documentadas los roles y responsabilidades de cada uno de los miembros del proyecto, así como una lista de recursos que se utilizan en el proyecto, sin embargo carecen de un plan para un correcto empleo de los recursos disponibles, así como las necesidades de recursos, ya sea de personal, hardware, software u otros.

Se realizan revisiones sobre el estado actual del proyecto y las responsabilidades de sus miembros con frecuencia semanal; a partir de estas revisiones se realiza la documentación de los resultados obtenidos y una lista de problemas detectados, y se define un grupo de acciones correctivas, aunque no son documentadas en el plan.

Se han identificado los conocimientos y habilidades necesarias para que los miembros del proyecto lleven a cabo sus responsabilidades exitosamente y elaborado un plan de capacitación para impartirlos.

No tienen definido un plan para la gestión de la información referente al proyecto.

2.3 Evaluación de las actividades de planificación, seguimiento y control de los proyectos de RV.

A partir de las entrevistas realizadas en los proyectos de Realidad Virtual de la Facultad 5 se realizó una tabla (Anexo 3) que representa una evaluación del estado actual de las actividades de los procesos de planificación, seguimiento y control que se a realizan en cada uno de los proyectos según los siguientes criterios:

- Regular R
- Deficiente D
- Problemas menores PM
- No se realiza NR

2.4 Resumen de las entrevistas.

A partir de las entrevistas realizadas se identificaron problemas en las actividades siguientes:

Establecer estimaciones: en su mayoría, los proyectos productivos de Realidad Virtual carecen de un método de estimación que les permita tener una mayor confianza sobre las mismas y comúnmente se realizan por instinto, mencionando fechas de terminación con un alto grado de incertidumbre.

Definir ciclo de vida del proyecto: más del 50% de los proyectos no definen las fases del ciclo de vida del proyecto.

Establecer el cronograma del proyecto: aunque esta no es una de las principales actividades que afecta a los proyecto de Realidad Virtual hoy en día, resulta importante destacar que no se realizan adecuadamente en todos ellos. El cronograma del proyecto establece un marco para el seguimiento y control de las tareas, por lo que una descripción lo más detallada posible del mismo resulta ser una poderosa herramienta en la planificación, monitoreo y control del proyecto.

Identificación y monitoreo de los riesgos del proyecto: en la mayoría de los proyectos se tienen en cuenta pocos riesgos, o no se considera un grupo de riesgos que podrían dificultar el proceso de producción; además, en algunos proyectos no se realiza un adecuado monitoreo de los riesgos.

Establecer plan para la gestión de la información: en ninguno de los proyectos se realiza un plan para la gestión de la información que el proyecto emplea u obtiene a partir de investigaciones, actividades relacionadas con el producto, entre otras actividades. Por lo que además, no se realiza el monitoreo y control de dicho plan.

Establecer plan para los recursos del proyecto: algunos de los proyectos no poseen un plan para la gestión de los recursos del proyecto y aquellos que lo tienen, por lo general no documentan toda la información necesaria. Por otra parte, los proyectos productivos de Realidad Virtual de la Facultad 5 y en general, los proyectos de la Universidad de las Ciencias Informáticas, tienen una característica peculiar, y es que los miembros del proyecto son, en su mayoría, estudiantes y profesores de la Universidad, por lo que no pueden dedicarse a tiempo completo al trabajo en el proyecto.

Revisiones: aunque si se realizan revisiones por parte de la dirección del proyecto, el principal déficit radica en que no se documentan los resultados, por lo que el análisis de los problemas detectados, o no se realiza o es inadecuado, de lo que se deriva que las acciones correctivas, en su gran mayoría, no se establezcan.

Conclusiones

Se realizó un estudio detallado de la situación actual de las actividades de planificación, monitoreo y control en los proyectos productivos de Realidad Virtual de la Facultad 5, identificando los principales problemas que afectan a los mismos.

CAPÍTULO 3: GUÍA METODOLÓGICA

Introducción

En el presente Capítulo se proponen un conjunto de actividades que guían como realizar los procesos de planificación, monitoreo y control en los proyectos productivos del Polo de Realidad Virtual de la Facultad 5.

3.1 Planificación del proyecto

La planificación del proyecto tendrá como principal objetivo crear un marco de trabajo que permita realizar estimaciones con un alto nivel de confianza, organizar el cronograma de trabajo en suficiente detalle para su posterior monitoreo y control, identificar riesgos que puedan afectar el tiempo establecido, de duración del proyecto, durante las estimaciones, realizar un plan para los recursos del proyecto determinando un empleo eficiente de los mismos, entre otros aspectos. Para el logro de dicho objetivo se proponen las siguientes actividades:

Establecer estimaciones del proyecto, que comprende las siguientes actividades:

- Determinar Alcance del Proyecto
- Definir el ciclo de vida del proyecto.
- Identificar los recursos necesarios para el proyecto.
- Establecer un plan para las habilidades y conocimientos requeridos.
- Establecer estimaciones

Desarrollar el plan del proyecto, que comprende las siguientes actividades:

- Establecer el cronograma y presupuesto del proyecto
- Identificar los riesgos del proyecto.
- Establecer el plan para la gestión de la información.
- Establecer el plan para los recursos del proyecto.
- Establecer un plan de participación de los involucrados.
- Establecer el Plan del proyecto y obtener compromiso respecto al Plan.

3.1.1 Establecer estimaciones del proyecto.

“Siempre que estimamos estamos mirando hacia el futuro y aceptamos resignados cierto grado de incertidumbre” plantea Pressman en el libro “Ingeniería del Software, Un enfoque práctico”, esto no significa que las estimaciones deben ser totalmente diferentes a la realidad, sino una breve aproximación de un futuro incierto, buscando siempre reducir las diferencias que lo separan.

Una de las principales dificultades que afectan las estimaciones en los proyectos productivos de Realidad Virtual hoy en día es la falta de documentación y experiencia de productos precedentes, debido a ello las estimaciones tienen un alto grado de incertidumbre; además resulta difícil emplear algunos métodos o técnicas de estimación ya que las mismas se basan en la estimación de parámetros que exigen de experiencia por parte del equipo de proyecto; teniendo presente dichas dificultades, se propone realizar las estimaciones basadas en el proceso.

3.1.1.1 Determinar Alcance del Proyecto.

Responsable: Jefe del proyecto y Planificador

Participan: Jefe del proyecto, Planificador, Analistas, Diseñador, Cliente y Guionista (en el caso de los juegos virtuales).

Artefacto: Estructura de descomposición del trabajo (siglas en inglés: WBS).

El primer paso, antes de comenzar a estimar, es determinar el alcance del proyecto. Para ello deben tenerse en cuenta las siguientes actividades:

Primeramente los analistas deben describir las funciones que debe cumplir el software además de las características del modelo 3D. En el caso de los juegos de Realidad Virtual el guionista es quien expone las funciones del software mediante los guiones de contenidos, así como las características del modelo.

Las características del modelo se resumen en determinar los objetos 3D que se deben modelar para el software además de un nivel de detalle para cada uno de ellos en cuanto a forma, textura y animación. De este modo se determina qué está incluido dentro del producto, y se establece explícitamente qué está excluido del mismo.

Luego, el Jefe del proyecto y el planificador definen los productos entregables y no entregables, incluyendo tanto las salidas, que comprende el producto o servicio del proyecto, como los resultados secundarios, tales como informes y documentación de la dirección del proyecto. Durante esta actividad el planificador, en concordancia con el jefe de proyecto, deberá realizar además, un esbozo de las funciones del software y luego descomponer cada función en un conjunto de tareas para desarrollarlas. La descomposición en tareas del diseño del modelo 3D se pueden determinar según las actividades de modelado, texturizado y animación de los objetos 3D que lo integran, o mediante el ciclo completo a cada objeto 3D; preferiblemente la primera por permitir la especialización y destreza en una actividad específica.

En el caso de lo juegos de Realidad Virtual las funciones están distribuidas por los niveles del juego, por lo que cada función se desglosa en tareas según el nivel al que corresponda.

El jefe del proyecto debe establecer además las tareas para obtener los productos entregables reconocidos e identificar los productos o componentes de productos que serán externamente adquiridos.

Una vez que se ha realizado este grupo de actividades se procede a elaborar la descripción del alcance del proyecto en suficiente detalle para que sirva de apoyo a la planificación posterior. La descripción del alcance del proyecto incluye la estructura de descomposición del trabajo (WBS) o conjunto de tareas que dirigen la realización del producto, a ello se unen posteriormente las tareas para las actividades de capacitación, liberación del producto y soporte. En la WBS el planificador debe realizar la descripción por cada tarea identificada para desarrollar las funciones del software, los productos entregables y no entregables, así como reflejar el propósito de cada una de ellas. La descripción del alcance del proyecto puede incluirse en el Plan del proyecto, o desarrollarse en un documento aparte del Plan del proyecto y luego, desde este último, ser referenciado.

3.1.1.2 Definir el ciclo de vida del proyecto.

Responsable: Jefe del Proyecto y Planificador

Artefacto: Fases del ciclo de vida del proyecto.

Existen varias fases definidas en el mundo para el ciclo de vida del proyecto, la Metodología RUP, por ejemplo, propone cuatro fases: Inicio, Elaboración, Construcción y Transición. Por otra parte, la

Metodología XP identifica como fases del ciclo de vida del proyecto las de Planificación, Diseño, Implementación y Prueba. Y Pressman plantea que el software se crea aplicando tres fases distintas que se centran en la definición, desarrollo y mantenimiento. No importa cual sea el nombre de las fases del ciclo de vida del proyecto o la metodología que lo proponga, todas tienen el mismo propósito: organizar el trabajo y proporcionar la evaluación y la toma de decisiones para períodos planificados. Es por ello, que una vez que se ha determinado el alcance del proyecto, el Jefe del proyecto conjunto con el planificador, en función de los productos entregables y no entregables, así como de las actividades de desarrollo del software, debe identificar las fases del ciclo de vida del proyecto y establecer hitos para controlar el buen desempeño de las actividades. En el caso de los documentos extensos e importantes se deben establecer como mínimo dos hitos de control. Para los proyectos de Realidad Virtual de la Facultad 5 se proponen las fases del ciclo de vida del proyecto propuestas por RUP, aunque esto no indica que los proyectos no puedan definir sus propias fases en función de las actividades que realizan.

La fase de inicio tendrá entre sus principales objetivos:

- Determinar las características y límites del sistema.
- Establecer la viabilidad del software.
- Realizar el desglose de la estructura de trabajo.
- Establecer el plan del proyecto.

Es importante destacar que esta fase debe incluir una descripción lo más detalladamente posible del alcance del proyecto; además que en la misma se obtiene la primera versión del Plan del Proyecto.

Se deben establecer hitos para el control del estado predefinido de cada uno de los documentos que se encuentra en esta etapa.

La fase de elaboración estará dirigida fundamentalmente a determinar:

- El documento de la arquitectura del software.
- El modelo de diseño.
- El diseño auxiliar para el modelo tridimensional (3D).

El diseño auxiliar para el modelo tridimensional no es más que un diseño en 2 dimensiones de las características que debe tener el modelo 3D. En esta fase además se debe elaborar un plan para las

pruebas del software. Al igual que en la fase de inicio, cada una de estas actividades debe incluir un hito de control.

La fase de construcción tiene su mayor peso en el diseño e implementación del software y como su nombre lo indica está determinada a la construcción del software. Esta fase incluye dos aspectos importantes en los proyectos de Realidad Virtual:

- El diseño e implementación del código.
- Construcción del modelo 3D.

La primera actividad refleja el propósito de determinar la forma más eficiente y viable de implementación del código para luego llevarla a cabo. Mediante la sub-fase de diseño (que está incluida en esta fase) debe quedar definida la relación entre el código y el diseño de los modelos 3D, además del diseño de las funcionalidades del software que soportará la sub-fase de codificación para luego realizar la implementación.

La segunda adquiere nuevas aristas, la construcción del modelo 3D consta a su vez de 3 sub-fases:

- Modelado
- Texturizado
- Animación

La sub-fase de modelado da forma al objeto tridimensional durante el texturizado se trabaja sobre la textura del modelo proporcionando color al mismo; y mediante la animación se provee de movimiento a los objetos 3D. Resulta importante mencionar que un objeto 3D que pasa por estas tres sub-fases lo hace obligatoriamente en este mismo orden, no es posible por ejemplo, realizar el texturizado sin antes haber hecho el modelado del objeto.

Debe establecerse un hito al final de cada sub-fase y en el caso de la construcción del modelo un hito para el control de cada objeto 3D.

Durante la fase de transición se llevan a cabo las actividades de entrega del producto y soporte.

Las fases del ciclo de vida del proyecto y los hitos de control establecidos deben ser documentadas por el Planificador en el Plan de desarrollo del software.

3.1.1.3 Identificar los recursos necesarios para el proyecto.

Responsable: Jefe del Proyecto y Planificador

Participa: Jefe del Proyecto y Planificador

Artefacto: Identificación de los recursos necesarios para el proyecto (incluido en el Plan para los recursos del proyecto).

Una vez que se ha establecido un alto nivel de detalle de la Estructura de Descomposición del Trabajo se está en condiciones de determinar los recursos de hardware, software y personal necesarios para llevar a cabo las actividades del proyecto; es por ello que el Jefe del proyecto debe determinar, en función de las actividades que deben realizar los miembros del proyecto, los roles y responsabilidades, equipos de hardware, herramientas de software y las cantidades necesarias de cada uno. Luego el planificador debe documentar en el Plan para los recursos del proyecto, los diferentes recursos de software y hardware identificados así como sus cantidades y los roles y responsabilidades establecidos.

3.1.1.4 Establecer un plan para las habilidades y conocimientos requeridos.

Responsable: Jefe del Proyecto y Planificador

Participa: Jefe del Proyecto y Planificador

Artefacto: Plan para los conocimientos y habilidades requeridas.

El planificador del proyecto debe identificar e incluir en el plan los conocimientos y habilidades teóricas y prácticas necesarias para llevar a cabo el proyecto, según las actividades descritas en la Estructura de Descomposición del Trabajo y los recursos que debe emplear el proyecto; por lo que, esta actividad, se puede desarrollar una vez que se han determinado el conjunto de tareas que componen la construcción del software y los recursos tanto de hardware como de software a utilizar. No obstante, en los proyectos productivos de Realidad Virtual existe un conjunto de habilidades y conocimientos básicos que se pueden identificar e impartir antes de comenzar incluso la definición de los requisitos, un ejemplo de ello son el diseño de objetos 3D y las actividades de texturizado y animación.

Una vez que se han identificado los conocimientos y habilidades requeridas para llevar a cabo el proyecto según las actividades, tareas, productos entregables y herramientas utilizadas, el planificador debe determinar los mecanismos necesarios para proporcionar dichos conocimientos y habilidades. La formación puede adquirir diferentes formas por ejemplo: mediante cursos, tareas investigativas, entre otras.

En caso de que otros miembros del proyecto ya hayan adquirido los conocimientos y habilidades requeridas y puedan impartir los cursos sin afectar el buen desempeño del proyecto se organiza la formación interna, en caso contrario, el Jefe de proyecto debe coordinar la formación externa o asignar tareas investigativas a los miembros del proyecto. Esta decisión es tomada según las circunstancias en las que se encuentre el proyecto. En cualquiera de los casos, el planificador debe dejar constancia de los conocimientos y habilidades requeridas y los mecanismos que se utilizan para proporcionarlos, además de establecer fechas de inicio y fin de la formación o investigación y sus respectivos responsables tanto en el cronograma de trabajo como en el Plan para los conocimientos y habilidades requeridas.

3.1.1.5 Establecer estimaciones

Responsable: Jefe del Proyecto y Planificador

Participa: Jefe del Proyecto y Planificador

Artefacto: Estimaciones del esfuerzo de cada tarea y duración del proyecto.

Una vez que se ha definido con suficiente detalle el alcance del proyecto e identificado las fases del ciclo de vida del mismo, se está en condiciones de establecer las estimaciones para la planificación del proyecto; entonces el Planificador y el Jefe del Proyecto deberán basados en datos históricos y en su experiencia, realizar las siguientes actividades:

- Determinar el esfuerzo requerido para llevar a cabo cada tarea definida durante el alcance del proyecto. Durante esta actividad se debe analizar si la tarea tiene precedente, si una tarea similar se ha llevado a efecto anteriormente en el proyecto, en cuyo caso se analiza las diferencias, se le asigna cierto nivel de complejidad y el tiempo que tardará en realizarse. Puede existir la situación de que un producto que consta de una o varias tareas tenga también precedente, un ejemplo es el caso del diseño del modelo 3D, se puede determinar la

estimación de cada uno de los elementos 3D que lo componen según su complejidad, determinada por el nivel de detalle de los mismos, y la experiencia de los diseñadores y desarrolladores. En el caso de que el planificador o el jefe del proyecto no puedan determinar una estimación razonable sobre la duración de una tarea o conjuntos de tareas se recomienda la consulta a expertos, o a otros planificadores y jefes de proyectos. Al final de esta actividad cada tarea o producto (que comprende un conjunto de tareas a realizar) debe tener asignado el esfuerzo que se requiere para su ejecución. Se deben realizar también las estimaciones para las tareas de capacitación que permitirán definir la fecha de inicio y fin para la misma.

- Asignación de tareas: asignar las tareas a los miembros del proyecto según el rol que ejercen y considerando la experiencia de cada uno de ellos. Las tareas más complejas deben establecerse para aquellos con mayor experiencia.
- Determinar las interdependencias entre las tareas: consiste en identificar cada una de las actividades predecesoras y relacionarlas entre sí. Una vez que se han realizado las estimaciones del tiempo necesario para la ejecución de cada tarea y la asignación de las mismas a sus respectivos responsables, se determina las interdependencias entre las tareas y apoyados en los métodos de planificación temporal PERT (Técnicas de evaluación y revisión de programa) y CPM (Método del camino crítico) (ver ejemplo del Anexo 4), se construye una red de tareas que proporcionará una estimación de la duración total del proyecto. El diagrama de PERT puede establecerse independientemente para cada fase del ciclo de vida del proyecto con el objetivo de evitar que sea muy extenso y que por tanto se dificulte el análisis de las tareas. Al final el planificador debe determinar la ruta crítica, constituida por el conjunto de actividades que, si se atrasaran, afectarían la duración total del proyecto. Resulta importante destacar que en ocasiones la implementación del código depende del empleo del diseño del modelo 3D y algunas herramientas que se construyen en un proyecto del mismo polo productivo.

Estas estimaciones, denominadas estimaciones basadas en el proceso, comprenden un alto grado de confianza si se conoce el rendimiento de cada uno de los miembros del proyecto, por lo que se sugiere el empleo del Proceso de Software Personal como una herramienta de control del tiempo para cada uno de los integrantes del proyecto, y un arma efectiva para determinar el tiempo de duración de cada tarea asignada. Las estimaciones pueden basarse además en el método de estimación por puntos de casos de uso, como un método de comprobación de los resultados de las estimaciones realizadas.

3.1.2 Desarrollar el plan del proyecto.

Una vez que se han realizado las estimaciones pertinentes, determinado el alcance del proyecto y las fases del ciclo de vida del proyecto, incluyendo la identificación de los productos entregables, se está en condiciones de desarrollar un documento formal basado en los requisitos y fases del ciclo de vida del proyecto, para dirigir y controlar la ejecución del proyecto.

3.1.2.1 Establecer el cronograma y presupuesto del proyecto.

Responsable: Jefe del proyecto y Planificador del proyecto

Participa: Jefe del proyecto y Planificador del proyecto

Artefacto: Cronograma del proyecto

En el cronograma del proyecto el planificador debe incluir todas las tareas identificadas durante la descripción del alcance del proyecto, tanto las tareas relacionadas a la implementación del software y los documentos que se obtienen, como las tareas vinculadas a la capacitación de los miembros del proyecto; debe incluir además los hitos identificados durante cada una de las fases del proyecto para el seguimiento y control de las tareas y productos entregables, la fecha de inicio y fin de cada una de las tareas, en orden cronológico según sus interdependencias y duración determinada durante el proceso de estimación, la fecha de cada hito de control, el(los) responsable(s) de cada tarea y las fechas de las revisiones sobre el estado del proyecto, fundamentalmente de las actividades críticas identificadas durante las estimaciones.

3.1.2.2 Identificar los riesgos del proyecto.

Responsable: Jefe del proyecto y Planificador del proyecto

Participa: Jefe del proyecto, Planificador del proyecto y demás miembros del equipo.

Artefacto: Riesgos identificados, probabilidad de ocurrencia e impacto.

El primer paso para esta actividad es determinar qué riesgos pueden afectar al proyecto que en resumen representan los problemas potenciales, peligros, amenazas y vulnerabilidades que podrían afectar negativamente los esfuerzos y planes del trabajo; para ello se propone emplear una tormenta

de ideas que consiste en reunir todo el equipo de proyecto en varias ocasiones y que cada miembro exponga los riesgos que considere según sus razonamientos y responsabilidades. Esta técnica implica que se tomen hasta los criterios que parezcan más absurdos ya que es la forma más rápida de encontrar todos los factores que incidirán en el surgimiento de los riesgos; además resulta ser una buena práctica, ya que de esta forma cada miembro del proyecto conoce los riesgos que puedan surgir durante su trabajo, y facilita al planificador conocer los posibles riesgos que puedan surgir durante el ciclo de vida del proyecto. Una vez conocidos estos riesgos el planificador, junto al jefe del proyecto, debe determinar si aún quedan riesgos por identificar, basándose para ello en las siguientes categorías:

Riesgos Técnicos: Estos riesgos amenazan la calidad y la planificación temporal del software a construir. Si un riesgo técnico se convierte en realidad la implementación puede llegar a ser difícil o imposible; considera a su vez dos sub-categorías:

- **Riesgos de software:** son aquellos riesgos que como su nombre lo indica, están determinados por problemas de software, por ejemplo: fallo del sistema operativo de alguna herramienta de software utilizada o carencia de ella, entre otros.
- **Riesgos de hardware:** no sólo se relaciona con problemas del hardware de las computadoras del proyecto, sino que además incluye todo objeto tangible que en caso de daño podría afectar el buen desarrollo del proyecto.

Riesgos de Organización: cuando se indica este tipo de riesgo se refiere a los derivados de una inadecuada organización por parte del proyecto o el cliente y una correcta comprensión de los acuerdos establecidos entre ambas partes, considerando además los incumplimientos de las mismas. En este marco se encuentran los riesgos relacionados con:

- **Comunicación interna:** comunicación que se establece entre los miembros del proyecto. Este tipo de riesgo incluye además considerar los riesgos que devienen a partir de una inadecuada comprensión de las características que debe tener el modelo 3D o los requisitos de su diseño.
- **Comunicación externa:** establecimiento de la comunicación con el cliente. Incluye los riesgos de concordancia entre las necesidades y expectativas que el cliente plantea y lo que la dirección del proyecto comprende que debe hacer el sistema.

- Seguridad de la información: pérdida de la información del proyecto o acceso de personas no autorizadas, al uso de la información producto de no establecerse una adecuada seguridad para la misma.
- Proceso de documentación: no documentar ciertas actividades del proyecto que lo exigen, como por ejemplo: expectativas y necesidades del cliente o lista de problemas encontrado durante las revisiones o auditorías. Lo que no se documenta tiende a olvidarse.

Experiencia y complejidad: riesgos asociados a la experiencia técnica del personal y la complejidad del software a construir.

Riesgos impredecibles: son aquellos riesgos que pueden ocurrir pero son difíciles de predecir. Entre ellos se pueden encontrar los riesgos relacionados con las estimaciones y problemas con el personal del proyecto como enfermedad por ejemplo.

Una vez identificados los riesgos deben documentarse y analizarse. Primeramente los riesgos se documentan de una manera comprensible antes de que puedan ser analizados, luego por cada riesgo debe analizarse su probabilidad de ocurrencia y el impacto, o consecuencias de los problemas asociados al riesgo si ocurriera. Los riesgos se organizan en una tabla según su importancia, que viene dada por la probabilidad de ocurrencia y el impacto; se procede a revisar y obtener acuerdos con los implicados para la mitigación de los riesgos; para cada riesgo debe documentarse las medidas adoptadas para el caso en que se haga realidad.

3.1.2.3 Establecer el Plan para la gestión de la información.

Responsable: Jefe del proyecto y Planificador del proyecto

Participa: Jefe del proyecto y Planificador del proyecto.

Artefacto: Plan para la gestión de la información.

El primer paso de esta actividad consiste en que el planificador identifique toda la información que va a ser recopilada y distribuida, ello incluye: documentos, informes, diseños de modelos 2D y 3D, manuales, tutoriales, entre otros. Luego se establecen los procedimientos para asegurar la privacidad y seguridad de dicha información, para ello el Jefe del proyecto determina donde será almacenada la información así como las copias de seguridad.

Le corresponde al planificador determinar un mecanismo para archivar la información y controlar el acceso a la misma. Además debe identificar claramente, en el plan para la gestión de la información, los siguientes aspectos sobre la misma:

- Formato.
- Breve descripción del contenido.
- Responsable(s) de archivarla.
- Quienes tienen acceso pero no pueden modificarla.
- Fecha en la que debe obtenerse según el cronograma.
- Copias establecidas para caso de pérdida.
- Mecanismo de acceso.

Si una nueva información surge sin haber sido contemplada en el plan de gestión de la información y es importante para el proyecto, entonces en el instante el planificador del proyecto debe realizar todo el procedimiento para la misma e incluirla dentro del plan.

3.1.2.4 Establecer el Plan para los recursos del proyecto.

Responsable: Jefe del proyecto y Planificador del proyecto

Participa: Jefe del proyecto y Planificador del proyecto

Artefacto: Plan para los recursos del proyecto.

Una vez identificados los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto, el planificador debe establecer un plan para el uso eficiente de los mismos, principalmente de las computadoras del proyecto.

Un horario controlado por cada uno de los miembros del proyecto permitirá a los mismos una mejor gestión del tiempo y conocer, por parte del planificador cuáles serán los tiempos disponibles que pueden dedicar al proyecto, de esta forma se podrá asignar los recursos de tal forma que sean utilizados lo más eficientemente posible. Para controlar el tiempo de trabajo de cada uno de los integrantes del proyecto, se propone la siguiente tabla:

Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado		L	M	M	J	V	S
---------	-------	--------	-----------	--------	---------	--------	--	---	---	---	---	---	---

8:00-9:30														
9:45-11:15														
11:30-1:00														
1:30-3:00														
3:15-4:45														
5:00-6:30														

Tabla 3.1 Control del tiempo de los miembros del proyecto.

En la primera parte de la tabla cada miembro del proyecto indica las afectaciones que tiene debido al horario de clases establecido por la dirección de la facultad. Luego el planificador establece los tiempos que disponibles para el trabajo en el proyecto y determina la distribución del tiempo de uso de cada computadora por parte de los integrantes del proyecto, auxiliándose para ello de una tabla similar a la siguiente:

Nombre del Proyecto						
No de la Computadora						
Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado

Tabla 3.2 Horario del tiempo de máquina.

En el plan para los recursos del proyecto deben identificarse, además de los recursos que demanda el proyecto, los procedimientos para un adecuado uso de los mismos.

Una vez terminada la actividad deben quedar incluidos en el Plan para los recursos del proyecto tanto los recursos de hardware, software y los procedimientos para su uso, como los roles y responsabilidades identificados, y la distribución del tiempo de máquina para los miembros del proyecto.

3.1.2.5 Establecer un Plan de participación de los interesados.

Responsable: Jefe del proyecto y Planificador del proyecto

Participa: Jefe del proyecto y Planificador del proyecto

Artefacto: Plan de participación de los interesados.

Primeramente el Jefe del proyecto y el planificador deben determinar por cada actividad, las personas interesadas, aquellas personas que aunque no sean responsables directos de la actividad que se está analizando, si están involucradas en la misma. Luego el planificador debe establecer una matriz que indique los involucrados en la fila superior y las actividades relacionadas en la primera columna y determinar un nivel de importancia sobre su participación así como la cantidad de veces que participa, que deben aparecer en el intercepto entre la actividad y la persona involucrada. Otra opción que pudieran tomar los proyectos de Realidad Virtual es una vez que se realiza el cronograma de trabajo, identificar por cada tarea, no solo el responsable, sino además las personas involucradas y definirlos así mismo. De esta forma se pueden identificar además las fechas de participación de los interesados. La actividad concluye cuando el planificador documenta en un plan la lista de interesados y la matriz de participación incluyendo tanto las fechas de participación, como el nivel de importancia asignado.

3.1.2.6 Establecer el Plan del proyecto y obtener compromiso.

Responsable: Planificador del proyecto

Artefacto: Plan del proyecto.

Una vez realizadas todas las actividades de planificación mencionadas corresponde al planificador elaborar el Plan del proyecto, que comprende: la organización del proyecto, la planificación de los recursos, el cronograma de trabajo, los hitos, el plan para la gestión de la información, la definición del ciclo de vida del proyecto; en general, es resumir todas las actividades de planificación en un documento aunque para evitar complicaciones, el planificador puede mantener los planes y documentos obtenidos y hacer referencia a ellos desde el Plan del proyecto. Posteriormente el planificador debe obtener el compromiso respecto al plan de los responsables de cada tarea y los interesados, normalmente este nivel de formalidad no se emplea en los proyectos productivos, el planificador podría en coordinación con el jefe del proyecto citar a una reunión con todos los miembros

del proyecto y los interesados en la que se obtenga el compromiso respecto al plan. En el caso de que la situación lo exija entonces el planificador deberá elaborar un documento formal en la que obtenga el compromiso respecto al plan de algunas actividades trascendentales para el proyecto.

3.2 Monitoreo y control del proyecto.

En este punto el planificador dispone ya de un Plan para el proyecto con las tareas y sus respectivos responsables, recursos, riesgos que pueden afectar el desarrollo del proyecto, entre otros. Sin embargo, un plan carece de sentido si no es adecuadamente monitoreado y controlado, es por ello que se proponen las siguientes actividades:

Monitorear Proyecto Respecto al Plan, que comprende las actividades siguientes:

- Monitorear las estimaciones del proyecto y el cronograma de trabajo.
- Monitorear responsabilidades.
- Monitorear riesgos del proyecto.
- Monitorear gestión de la información.
- Monitorear participación de los interesados.
- Dirigir revisiones de los hitos.

Dirigir Acción Correctiva de Cierre, que comprende las actividades siguientes:

- Analizar Problemas
- Toma de Acción Correctiva
- Dirigir Acción Correctiva

3.2.1 Monitorear Proyecto Respecto al Plan

El planificador debe monitorear el avance real del proyecto respecto al Plan establecido, para ello debe realizar las actividades siguientes:

3.2.1.1 Monitorear las estimaciones y cronograma de trabajo.

Responsable: Planificador

Artefacto: Archivo de desviaciones y Listado de problemas.

Empleando las estimaciones realizadas sobre la duración de las tareas, el planificador debe determinar si existe algún retraso en las mismas, o si todo marcha según el plan. Entonces, realiza las revisiones establecidas en el cronograma de trabajo y determina el porcentaje de ejecución de cada una de las tareas que se deben estar llevando a cabo según el plan, para ello se puede auxiliar de la siguiente métrica:

$$PET = \frac{DIP - DA}{D} * 100$$

Donde:

PET: es el porcentaje de ejecución de la tarea, hasta el momento, según el plan.

DIP: fecha de inicio según el plan

DA: fecha actual.

D: duración planificada para la tarea.

El planificador debe comparar el porcentaje de ejecución de la tarea según el plan (PET) con una estimación del porcentaje real ejecutado (PER) si se cumple que $PET > PER$, entonces el planificador debe documentar dicha tarea como una desviación del plan establecido, especificando si la tarea corresponde con una actividad crítica analizada en el diagrama de PERT o si es una actividad no crítica que ha consumido más tiempo del admisible, en estos casos se documenta como una desviación significativa.

El planificador debe realizar frecuentemente el monitoreo sobre el uso de los recursos del proyecto así como del estado de los mismos, para determinar y documentar posibles afectaciones; y en coordinación con el jefe del proyecto debe establecer evaluaciones sobre las actividades de capacitación planificadas, estas evaluaciones deben ser realizadas en la fecha de conclusión de dichas actividades según el plan. Al final de la revisión el planificador debe documentar una breve descripción de cada problema detectado, que incluya la causa que lo originó.

3.2.1.2 Monitorear responsabilidades.

Responsables: Planificador y Jefe del proyecto

Artefacto: Registro de revisión de compromisos.

A partir del cronograma de trabajo el planificador debe realizar revisiones sobre las responsabilidades en las fechas que se establecieron como hitos de control, y analizar, con apoyo del Jefe del proyecto los compromisos correspondientes al plan, tanto interno como externo que aún no se han satisfecho o que estén en riesgo significativo de no ser satisfecho. Dichos compromisos deben ser documentados en el Registro de revisión de las responsabilidades e incluidos en la lista de problemas.

3.2.1.3 Monitorear riesgos del proyecto.

Responsables: Planificador y Jefe del proyecto

Artefacto: Registro del monitoreo de riesgos del proyecto.

El planificador debe realizar al menos una revisión semanal sobre la documentación de los riesgos para realizar un análisis actual de los mismos y determinar cualquier cambio en la probabilidad de ocurrencia e impacto de cada riesgo identificado o la aparición de un nuevo riesgo; para ello puede volver a citar a una reunión en la que participen fundamentalmente los afectados por los riesgos incluidos en el plan. Al final de la actividad se debe actualizar el listado de riesgos del proyecto e informar sobre cualquier cambio de los riesgos a los interesados.

3.2.1.4 Monitorear gestión de la información.

Responsables: Planificador.

Artefacto: Registro de monitoreo de la gestión de la información.

El planificador del proyecto debe determinar cualquier desviación respecto al Plan de gestión de la información para lo cual realiza las revisiones planificadas sobre el control de la información según las fechas establecidas. Una desviación en este caso incluye cualquier retraso o riesgo de retraso en la entrega de la información, o la violación de los procedimientos de seguridad establecidos en el plan. Al final de esta actividad el planificador documenta, en el Registro de monitoreo de la gestión de la información, la información analizada y una descripción de los resultados de la revisión, indicando cualquier problema detectado, e informa a los interesados sobre las afectaciones.

3.2.1.5 Monitorear participación de los interesados.

Responsables: Planificador y Jefe del proyecto

Artefacto: Registro de participación de los interesados.

A partir de las fechas establecidas en el Plan de participación de los interesados, el planificador evalúa la participación de los mismos y el cumplimiento de sus compromisos. Cualquier desviación respecto al plan debe documentarla en el Registro de participación de los interesados y en el listado de problemas, identificando los efectos que pueda ocasionar.

3.2.1.6 Dirigir revisiones de los hitos.

Responsables: Planificador y Jefe del proyecto

Artefacto: Registro de participación de los interesados.

Mediante los hitos establecidos en cada una de las fases del ciclo de vida del proyecto, el planificador realiza revisiones sobre el estado actual del proyecto comparando la situación real con el plan. Al final de cada fase determina el porcentaje de tareas completadas (PTC) respecto al total de tareas planificadas hasta el momento:

$$PTC = \frac{NTC}{NTP} * 100$$

Donde:

PTC: es el porcentaje de tareas completadas respecto al total de tareas planificadas.

NTC: número de tareas completadas.

NTP: cantidad de tareas planificadas para dicha fase y las anteriores.

Si el PTC es menor que 100, el planificador debe documentar dicho resultado como una desviación significativa del plan del proyecto, identificando el porcentaje obtenido.

3.2.2 Dirigir Acción Correctiva de Cierre

Cuando el desarrollo del proyecto se desvía del plan es importante tomar acciones correctivas que eliminen o minimicen los problemas. Es entonces responsabilidad del planificador y el jefe del proyecto que estas medidas sean tomadas para lo cual deben realizar las actividades siguientes:

3.2.2.1 Analizar Problemas

Responsables: Planificador y Jefe del proyecto

Artefacto: Listado de problemas que requieren medidas correctivas.

Apoyados en el documento de Desviaciones del plan y listado de problemas, el planificador y el Jefe del proyecto se reúnen con los implicados y elaboran una lista de actividades que requieren medidas correctivas entre las cuales pueden figurar las siguientes:

- Desviaciones de las estimaciones que incluye: las actividades críticas retrasadas o con riesgo de retrasarse y las actividades (no críticas) que han consumido el tiempo máximo permisible.
- Nuevos riesgos identificados o incremento de la probabilidad de ocurrencia e impacto de los riesgos identificados en el plan.
- Compromisos internos o externos que no se han satisfecho.
- Información atrasada o falta de seguridad de la misma.
- Retraso de alguna de las fases del ciclo de vida del proyecto.
- Incumplimiento de participación de las partes interesadas.

La lista de problemas debe ordenarse según el impacto de los mismos sobre el estado proyecto, los problemas que representen mayores daños al proyecto encabezan la lista.

3.2.2.2 Toma de Acción Correctiva

Responsables: Planificador y Jefe del proyecto

Artefacto: Plan de medidas correctivas.

Para cada problema descrito en el Listado de problemas, el planificador y el jefe del proyecto deben determinar medidas correctivas que pueden incluir:

- Reasignación de recursos del proyecto: se refiere a poner los recursos a disposición de la actividad afectada.
- Redistribución de responsabilidades: esta medida considera apoyar con otros miembros del proyecto la actividad afectada, aunque esta no sea su responsabilidad.
- Incorporar nuevos miembros al proyecto: su nombre ya lo indica, sin embargo resulta importante mencionar que un nuevo miembro necesita adquirir un grupo de conocimientos sobre el proyecto que requerirá de un tiempo, por lo general no disponible.
- Renegociar compromisos, tanto internos como externos: se trata de llegar a acuerdos con los responsables de los compromisos y si de ser posible realizar cambios sobre los mismos.
- Establecer nuevos acuerdos con el cliente: cuando el planificador y el jefe del proyecto determinan que no es posible terminar el proyecto en los tiempos establecidos, se debe llegar a acuerdos con el cliente.

Por otra parte, el retraso de alguna de las actividades del proyecto o de los compromisos establecidos demanda la re-planificación por parte del planificador del proyecto, actualizar el plan del proyecto es una de las medidas a tomar en cuenta.

En el plan de medidas correctivas el planificador debe realizar una breve descripción del problema e identificar la acción correctiva y su responsable y la fecha de cumplimiento.

3.2.2.3 Dirigir Acción Correctiva

Responsables: Planificador del proyecto

Artefacto: Resultados de las medidas correctivas.

El planificador debe revisar según el plan si los responsables están llevando a cabo las medidas establecidas y valorar los resultados obtenidos. En caso de que alguna medida no tenga efecto sobre el problema, el planificador debe determinar con el jefe del proyecto nuevas acciones a tomar. Tanto el problema al resolver como la medida establecida y sus resultados deben documentarse en el documento Resultados de las medidas correctivas.

3.3 Validación de la propuesta

La guía metodológica propuesta para la planificación, monitoreo y control de los proyectos productivos de Realidad Virtual de la Facultad 5 es validada por el método de criterios de especialistas. Para lo cual se estableció un conjunto de preguntas en las cuales los especialistas dieron su criterio y recomendaciones. Las preguntas para realizar la validación fueron las siguientes:

1. ¿Es apropiado el desarrollo de las actividades propuestas?
2. ¿Considera usted que los roles propuestos son los adecuados para cada actividad?
3. ¿Podrán estas actividades minimizar los problemas planteados en los proyectos?
4. ¿Considera usted que las técnicas y métodos que se aplican son correctos?
5. ¿Considera usted suficientes los artefactos que se obtienen?

Para la selección de los especialistas se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

1. Conocimientos sobre el modelo CMMI, principalmente de las áreas de proceso:
 - Planificación de Proyecto
 - Monitoreo y Control de Proyecto
2. Conocimientos sobre los procesos de producción de software en los proyectos productivos de Realidad Virtual de la Facultad 5.
3. Conocimientos generales sobre planificación, monitoreo y control de proyecto, como actividades de gestión de proyectos, métodos de estimación, métodos de planificación temporal y herramientas de gestión de proyectos.

Especialista # 1:

Lic. Elisa García Rodríguez.

Planificadora del Grupo de Calidad de la Facultad 5.

Cursó postgrado de Gestión de la Calidad en la Asociación Nacional de Economista de Cuba.

Actualmente es profesora de Administración de empresa

Email: elisagr@uci.cu

Relacionado con la propuesta desarrollada, la especialista considera que es adecuada, específicamente en las áreas de procesos Planificación de Proyecto y Monitoreo y Control de Proyecto

propuesta para los proyectos productivos de Realidad Virtual de la Facultad 5. Además plantea que: se cuenta con estándares de calidad como el modelo CMMI y la norma ISO 90003; las actividades de planificación que se proponen y el desarrollo del Plan de proyecto, unidas a los roles para cada una de estas, están bien encaminadas y constituyen una herramienta útil para atenuar los problemas existentes en los proyectos y mejorar así su desarrollo; los métodos y las técnicas que se aplican son correctos, ya sea el de Estimación basada en procesos, como fundamental y el método PERT utilizado principalmente para determinar la duración del proyecto; los artefactos son suficientes y aparecen detallados para facilitar su posterior aplicación.

Especialista # 2:

Ing. Gadied Alejandro Carrero Sotolongo.

Jefe del proyecto Diseño 3D.

Experiencia de 4 años como jefe del proyecto Diseño 3D.

Actualmente se encuentra recibiendo cursos de gestión de proyectos.

Labor que realiza: Profesor

Email: gadied@uci.cu

El especialista opina que: las actividades establecidas permiten resolver los problemas actuales que enfrenta el proyecto, correspondientes a la planificación, monitoreo y control; los roles que se proponen se corresponden con las actividades definidas para la planeación, monitoreo y control del proyecto y concuerdan con las responsabilidades, apoyando el adecuado procedimiento para estos procesos; los artefactos propuestos son suficientes y cumplen con las necesidades del proyecto para aplicar y ejecutar las áreas de proceso de CMMI, Planificación de proyecto, Monitoreo y Control de Proyecto; y las herramientas y métodos propuestos también permiten realizar adecuadamente estos procesos y facilitan el trabajo.

Especialista # 3:

Ing. Mariela Nogueira Collazo

Graduada de Ingeniera en Ciencias Informáticas en la UCI en el 2007.

Planificadora del Polo de Realidad Virtual de la Facultad 5

Email: mnogueira@uci.cu

Es criterio de la especialista que: el flujo de actividades es factible para los proyectos de Realidad Virtual, abarca los aspectos más importantes de la planificación y sin duda se basa en las buenas

prácticas de la gestión de proyectos; cada actividad está guiada por los desarrolladores de más experticia; sin duda, esta guía ayudará a los líderes y desarrolladores de los proyectos a organizar y controlar el proceso de desarrollo, lo cual no se ha logrado en todos los proyectos del Polo y constituye un aspecto clave para alcanzar confiabilidad y calidad en los productos y soluciones que se desarrollan; las técnicas y métodos que se aplican son correctos, pues están sustentados en buenas prácticas de la planificación de proyectos que propone el CMMI; se proponen los artefactos necesarios para registrar y controlar el proceso de desarrollo que es importante pues la documentación exagerada, en la mayoría de los casos, resulta muy tediosa y desmotivadora.

Y agrega que, en la actividad de Establecer estimaciones, sería bueno, si el planificador y/o el líder no tienen amplios conocimientos en el tema de Diseño 3d, el jefe de equipo de los realizadores debe jugar un papel protagonista para estimar el esfuerzo de las actividades de diseño gráfico, lo cual es clave en un proyecto de Realidad Virtual.

Especialista # 4:

Ing. Karel Pérez Ramírez.

Graduado de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la UCI en el 2007.

Jefe del proyecto Rehabilitación.

Responsable de Comercialización del Polo de Realidad Virtual.

Email: kperez@uci.cu

El especialista considera que: esta guía puede ser muy útil para los proyectos, pues las actividades propuestas están bien formuladas, así como el desarrollo de las mismas, permitiendo conocer como desarrollar cada actividad y reducir los problemas que presentan los proyectos en la planificación, monitoreo y control; los roles propuestos están en concordancia con las actividades del proyecto; las técnicas y métodos propuestos se adecuan al proyecto y son coherentes con los empleados en la actualidad; y los artefactos que se obtienen son suficientes para el desarrollo adecuado de estos procesos.

Especialista # 5:

Lic. Aniuska Aguilera González.

Se encuentra realizando una maestría sobre Calidad Total.

Actualmente es profesora de Administración de empresas.

Email: aagonzalez@uci.cu

Es criterio de la especialista que: las actividades propuestas son apropiadas para el desarrollo de los proyectos productivos de Realidad Virtual conforme a los roles establecidos y permiten minimizar los problemas actuales detectados en los proyectos, donde se utilizan técnicas y métodos que sustentan la propuesta realizada.

Especialista # 6:

Ing. Gerandys Hernández Casanova

Jefe del Grupo de Calidad de Software de la Facultad 5

Graduado de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la UCI en el 2007.

Ha recibido cursos sobre estándares de calidad.

Actualmente es tutor de tesis basadas en CMMI

Email: ghernandez@uci.cu

Es opinión del especialista que: el desarrollo de las actividades es correcto, se sustenta sobre el Modelo de Madurez y Capacidad Integrado (CMMI) y en otros estándares especificados en la fundamentación teórica; el procedimiento es coherente y los roles que se proponen cumplen con las actividades de las áreas de proceso de Planificación de Proyecto y Monitoreo y Control de Proyecto identificadas en CMMI; las técnicas y métodos propuestos son apropiados y suficientes los artefactos, permitiendo registrar las actividades de planificación necesarias y un apropiado monitoreo y control de las actividades de planificación, consiguiendo una adecuada aplicación de las áreas de proceso antes mencionadas, a los proyectos de Realidad Virtual de la Facultad 5 y dar solución a los problemas presentes en los proyectos.

Especialista # 7:

Ing. Yulier Casas Estrada

Graduado de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la UCI en el 2006.

Jefe del proyecto Juegos CNEURO

Labor que realiza: Profesor

Email: ycasas@uci.cu

El especialista considera que: las actividades propuestas cumplen con los estándares especificados, y son establecidas y explicadas adecuadamente, el procedimiento es transparente y permite ser aplicado al proyecto; la aplicación de esta guía podrá resolver varios problemas existentes en el proyecto sobre planificación, monitoreo y control; los roles propuestos se ajustan a las actividades que se realizan en

el proyecto y los artefactos que se obtienen permiten realizar adecuadamente los procesos de planificación y monitoreo y control del proyecto.

Conclusiones

Mediante este capítulo se obtuvo un conjunto de actividades y artefactos, que guían como realizar los procesos de planificación, monitoreo y control en los proyectos productivos de Realidad Virtual de la Facultad 5, basándose en los problemas detectados durante la ejecución de dichos procesos. Identificando además, como principales responsables de estas actividades al Jefe del Proyecto y al Planificador.

CONCLUSIONES

Finalmente con el propósito de dar solución al problema científico planteado, y realizando un estudio sobre algunos estándares, herramientas de gestión de proyectos, métodos de estimación y métodos de planificación temporal, así como un diagnóstico sobre la situación actual de los procesos de producción de software en los proyectos productivos de Realidad Virtual de la Facultad 5 respecto a la planeación, seguimiento y control del proyecto, identificando entre los principales problemas los relacionados con las estimaciones, la documentación de los planes, la planificación de las fases del ciclo de vida del proyecto y las revisiones, se obtuvo una guía metodológica que indica un grupo de actividades y procedimientos sobre como aplicar las áreas de proceso de CMMI: Planificación de Proyecto y Monitoreo y Control de Proyecto a los proyectos productivos de Realidad Virtual, dando especial atención a las actividades más afectadas. Se identificaron además, como principales responsables, el Jefe del Proyecto y el Planificador, y un conjunto de artefactos necesarios para cada área de proceso.

Por otra parte, las actividades propuestas no deben considerarse como una regla que implique que haya que seguirlas literalmente, algunas pueden ser modificadas para facilitar el trabajo si el Jefe del Proyecto, en coordinación con el Planificador y los interesados, lo considera necesario, aunque el propósito establecido para cada actividad no debe alterarse.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una selección de proyectos productivos de Realidad Virtual de la Facultad 5 que se encuentren en la fase inicial de producción del software de Realidad Virtual para poner en práctica la guía propuesta en dichos proyectos y luego valorar los resultados.

Se propone además que los resultados y documentos obtenidos, como: planes establecidos, fecha de inicio y fin de las tareas según las estimaciones, recursos empleados, roles y responsabilidades, duración real de las tareas y demás documentos sean conservados como base histórica del proyecto para que sirva de apoyo a una posterior planificación, monitoreo y control.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Hernández León, Rolando Alfredo y Coello González, Sayda.** *EL PARADIGMA CUANTITATIVO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA*. Ciudad de la Habana : EDUNIV, 2002. 959-16-0343-6.
2. **SEI.** *CMMI® for Development, Version 1.2*. 2006.
3. **Rumbaugh, James, Booch, Grady y Jacobson, Ivar.** *El proceso unificado de desarrollo de software*. La Habana : Félix Varela, 2004.
4. **Pressman, Roger S.** *Ingeniería del Software, Un enfoque práctico*. La Habana : Félix Varela, 2004.
5. **Humphrey, Watts S.** *Introducción al Proceso de Software Personal*. La Habana : Félix Varela, 2005.
6. **Organización Internacional de Estandarización.** *NC ISO 9000, SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD — FUNDAMENTOS*. Ciudad de La Habana : s.n., 2005.
7. **Organización Internacional de Estandarización.** *NC ISO 2382-20, TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN*. Ciudad de La Habana : s.n., 2006.
8. SITIO DEL INSTITUTO PANAMERICANO DE GESTIÓN DE LA SALUD. [En línea] [Citado el: 14 de Noviembre de 2007.] <http://www.gerenciasalud.com/art483.htm>.
9. **Pichaco, Antònia Mas.** L'Orientació a processos en el desenvolupament de software. Avaluació i millora d'aquests processos. [En línea] 10 de Octubre de 2007. [Citado el: 17 de Marzo de 2008.] http://dmi.uib.es/~dmiamp/ESIII/0708_ESIII_SPI_Tema1.pdf.
10. **Wikipedia., Colaboradores de.** Historia de la calidad. [En línea] Wikipedia, La enciclopedia libre. [Citado el: 14 de Noviembre de 2007.] http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_calidad.
11. **Organización Internacional de Estandarización.** *NC ISO 9000-3, INGENIERIA DE SOFTWARE - GUÍA PARA LA APLICACIÓN DE LA NC ISO 9000:2001 AL SOFTWARE DE COMPUTACIÓN*. Ciudad de La Habana : s.n., 2006.
12. **PMI, Project Management Institute.** *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos*. 2004. 1-930699-50-6.

13. PLANIFICACIÓN TEMPORAL DE PROYECTOS. [En línea] [Citado el: 17 de Marzo de 2008.] <http://www.lsi.us.es/docencia/get.php?id=419>.
14. **MICROSOFT**. CURSO DE MICROSOFT PROJECT 2000. [En línea] [Citado el: 7 de Marzo de 2008.] <http://dgti.salud.gob.mx/capacitacion/manuales/Project2000.pdf>.
15. Resumen Polo de RV. [En línea] [Citado el: 1 de Mayo de 2008.] http://wiki.prod.uci.cu/index.php/Resumen_Polo_de_RV.
16. Polo Productivo de Realidad Virtual. [En línea] [Citado el: 1 de Mayo de 2008.] http://wiki.prod.uci.cu/index.php/Polo_de_Realidad_Virtual.
17. Laboratorios Virtuales. [En línea] [Citado el: 5 de Mayo de 2008.] http://wiki.prod.uci.cu/index.php/Laboratorios_Virtuales.
18. Diseño 3D. [En línea] [Citado el: 5 de Mayo de 2008.] http://wiki.prod.uci.cu/index.php/Dise%C3%B1o_3D.
19. Simulador Quirúrgico. [En línea] [Citado el: 5 de Mayo de 2008.] http://wiki.prod.uci.cu/index.php/Simulador_Quir%C3%B3rgico.
20. Juegos CNEURO. [En línea] [Citado el: 1 de Mayo de 2008.] http://wiki.prod.uci.cu/index.php/Juegos_CNEURO.
21. Juegos de Consola. [En línea] [Citado el: 3 de Mayo de 2008.] http://wiki.prod.uci.cu/index.php/Juegos_de_Consola .
22. Rehabilitación. [En línea] [Citado el: 3 de Mayo de 2008.] <http://wiki.prod.uci.cu/index.php/Rehabilitaci%C3%B3n> .
23. Interacción de Elementos Virtuales. [En línea] [Citado el: 5 de Mayo de 2008.] http://wiki.prod.uci.cu/index.php/Interacci%C3%B3n_de_Elementos_Virtuales.
24. Módulos SceneToolKit. [En línea] [Citado el: 4 de Mayo de 2008.] http://wiki.prod.uci.cu/index.php/M%C3%B3dulos_SceneToolKit.

25. **Camacho, Yanoski.** *Documento Visión del Proyecto Herramientas de Desarrollo para Sistemas de Realidad Virtual.* La Habana : s.n., 2007.
26. **López Pérez, Yusnay y Bauta Pacheco, Yuraimy.** *Propuesta para aplicar el Modelo CMMI en el proceso productivo de la UCI.* Ciudad de la Habana : s.n., 2007.
27. **Juanes Gala, Liannet.** *Planificación, seguimiento y control del Proyecto (SIGIA).* Ciudad de La Habana : s.n., 2007.
28. **Cabrera Díaz, Yoander.** *Documento Visión de Juegos de Consola.* La Habana : s.n., 2007.
29. **Arias Ibarra, Daimy y Batista García, Liutmila.** *Proceso de Monitoreo y Control de Proyectos en la Universidad de las Ciencias Informáticas.* La Habana : s.n., 2007.
30. **Casas Estrada, Yulier.** *Documento Visión de Juegos CNEURO.* La Habana : s.n., 2007.
31. **M. Mederos, Juan y Nogueira, Mariela.** *Documento Visión de Simulador Quirúrgico.* La Habana : s.n., 2007.
32. **Muñoz Reja, Ismael Caballero.** La norma IEEE 1058.1: Plan para la Gestión de Proyectos Software. [En línea] Mayo de 1999. [Citado el: 14 de Noviembre de 2007.] http://alarcos.inf-cr.uclm.es/doc/pgsi/doc/esp/T9899_ICaballero.pdf.
33. Compilación de juegos. [En línea] [Citado el: 5 de Mayo de 2008.] http://wiki.prod.uci.cu/index.php/Compilaci%C3%B3n_de_juegos.

ANEXOS

Anexo 1 Lista de Chequeo

Preguntas	Forma de Verificar
¿Se establecen estimaciones? ¿Qué técnicas y métodos utilizan?	Resultados de las estimaciones
¿Determinan las fases del ciclo de vida del proyecto?	Fases del ciclo de vida del proyecto, (Plan del proyecto).
¿Tienen un calendario para el proyecto con las interdependencias de tareas y su duración? ¿Emplean alguna herramienta?	Calendario, herramienta
¿Identifican y analizan los riesgos del proyecto? ¿Se realiza el monitoreo de los riesgos? ¿Planifican las medidas a tomar para cada riesgo?	Plan de Riesgos. Registros del monitoreo de riesgos del proyecto.
¿Planifican los recursos del proyecto? ¿Realizan el monitoreo del Plan para los recursos?	Plan para los recursos del proyecto. Registros del monitoreo del Plan para los recursos del proyecto.
¿Planifican las habilidades y conocimientos necesarios?	Plan de capacitación
¿Tienen un plan de participación de cada una de	Plan de participación de los

las personas involucradas en las actividades? Reuniones de proyectos, revisiones, etc.	interesados.
¿Desarrollan el plan del proyecto?	Plan del proyecto
¿Con que frecuencia se realizan las revisiones sobre el avance del proyecto y comparación plan con el real sobre el estado del proyecto y las responsabilidades de los miembros del proyecto? ¿Se documenta el resultado de las revisiones?	Registros de revisiones del proyecto.
¿Definen un plan de acciones a tomar para dar solución a los problemas?	Plan de medidas correctivas.

Anexo 2: Cuestionario basado en la Lista de Chequeo para la entrevista.

¿Se establecen estimaciones? Si ___ No ___ ¿Están documentadas? Si ___ No ___

¿Qué técnicas y métodos utilizan?

¿Qué estimaciones realizan?

Tiempo de las tareas ___ Duración total del proyecto ___ Recursos ___ Costos ___

Tamaño ___ Alcance del Proyecto ___ Otros:

¿Determinan fases del ciclo de vida del proyecto? Si ___ No ___

¿Cuáles?

¿Identifican hitos? Si ___ No ___ ¿realizan el seguimiento de los mismos? Si ___ No ___

¿Realizan el calendario para el proyecto con las interdependencias de tareas y duración de cada una?
Si ___ No ___

¿Utilizan alguna herramienta? Si ___ No ___

¿Cuál?

¿Identifican y analizan los riesgos del proyecto? Si ___ No ___

¿Están documentados? Si ___ No ___

¿Se realiza el seguimiento a los riesgos? Si ___ No ___

¿Planifican las medidas para mitigarlos? Si ___ No ___

¿Están documentadas? Si ___ No ___

¿Se planifican los recursos del proyecto (necesidad de recursos y asignación de los mismos, entre otros)? Si ___ No ___

¿Está documentado el plan para los recursos del proyecto? Si ___ No ___

¿Realizan el seguimiento de los recursos (necesidades, uso, etc.)? Si ___ No ___

¿Planifican las habilidades y conocimientos necesarios para llevar a cabo el trabajo por los miembros del proyecto? Si ___ No ___

¿Tienen un plan de capacitación definido? Si ___ No ___ ¿Está documentado? Si ___ No ___

¿Tienen un plan de participación de cada una de las personas involucradas en las actividades (Reuniones de proyectos, revisiones, etc.)? Si ___ No ___

¿Tienen el plan de proyecto y responsabilidades documentados? Si ___ No ___

¿Con que frecuencia se realizan las revisiones sobre el avance del proyecto y comparación plan con el real sobre el estado del producto y las responsabilidades de los miembros del proyecto?

Semanal ___ Mensual ___ No se hacen ___ Otro:

¿Se documenta el resultado de las revisiones? Si ___ No ___

¿Elaboran una lista de problemas? Si ___ No ___

¿Definen un plan de acciones a tomar para dar solución a los problemas? Si ___ No ___

¿Está documentado? Si ___ No ___

¿Se realiza el seguimiento de dicho plan? Si ___ No ___

¿Tienen un plan definido para la gestión de la información, que necesitan o resultado de investigaciones realizadas en el proyecto? Si ___ No ___

¿Está documentado? Si ___ No ___

¿Se ha realizado en el proyecto algún otro producto anteriormente? Si ___ No ___

¿Tienen documentada alguna información de estos productos? Si ___ No ___

¿Cuáles?

Estimaciones ___ Tiempo que tardó en realizarse ___ Recursos empleados ___ Riesgos ___

Otros:

Anexo 3: Tabla de evaluación de las actividades de planificación, monitoreo y control que se realizan en los proyectos productivos de Realidad Virtual de la Facultad 5.

Proyecto/ Actividad	Laboratorios Virtuales	Compilación de juegos	Diseño 3D	Simulador Quirúrgico	Juegos CNEURO
Estimaciones	D	D	D	D	D
Fases e hitos	R	R	R	R	R
Cronograma de trabajo	PM	PM	PM	D	PM
Identificar riesgos	PM	R	D	R	R
Plan para la gestión de la información	NR	NR	NR	NR	NR
Plan para los recursos del proyecto	PM	NR	NR	PM	PM
Plan de capacitación	R	R	R	PM	PM
Monitoreo de las responsabilidades	PM	PM	R	PM	PM

Monitoreo de los riesgos	PM	PM	NR	PM	PM
Monitoreo de la gestión de la información	NR	NR	NR	NR	NR
Revisiones sobre el progreso	PM	R	R	PM	R
Análisis de problemas	PM	R	D	D	D
Toma de acciones correctivas	R	R	D	R	R

Proyecto/ Actividad	Juego Consola	Interacción de Elementos Virtuales	Herramientas de Desarrollo para Sistemas de Realidad Virtual	Rehabilitación
Estimaciones	D	NR	D	D
Fases e hitos	R	R	R	R
Cronograma de trabajo	PM	PM	PM	PM
Identificar riesgos	R	D	R	D
Plan para la gestión de la información	NR	NR	NR	NR
Plan para los	PM	NR	R	R

recursos del proyecto				
Plan de capacitación	R	PM	PM	PM
Monitoreo de las responsabilidades	R	PM	PM	PM
Monitoreo de los riesgos	PM	PM	R	R
Monitoreo de la gestión de la información	NR	NR	NR	NR
Revisiones sobre el progreso	PM	R	PM	R
Análisis de problemas	PM	R	PM	NR
Toma de acciones correctivas	R	R	R	NR

Anexo 4: Ejemplo de los métodos de PERT y CPM para un grupo de actividades de Realidad Virtual.

Matriz de precedencia:

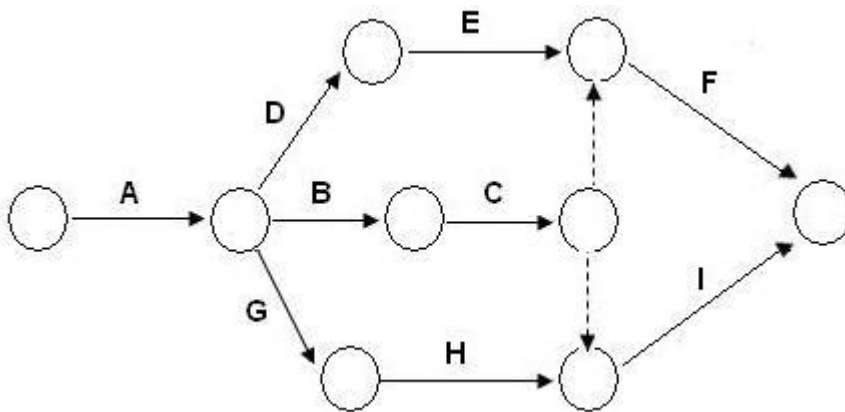
Símbolo	Lista de actividades	Precedencia	Secuencia
A	Definir arquitectura del proyecto.	-	B,D,G
B	Análisis y diseño del módulo de tareas (Kernel).	A	C

C	Implementación del Kernel del juego.	B	F,I
D	Definir casos de uso para el desarrollo del primer nivel.	A	E
E	Diseño del primer nivel	D	F
F	Implementación del primer nivel	C,E	-
G	Definir casos de uso para el desarrollo del segundo nivel.	A	H
H	Diseño del segundo nivel	G	I
I	Implementación del segundo nivel	C,H	-

Diagrama de Red.

Las actividades pueden representarse en arcos o en nodos, en este caso se representarán en arcos.

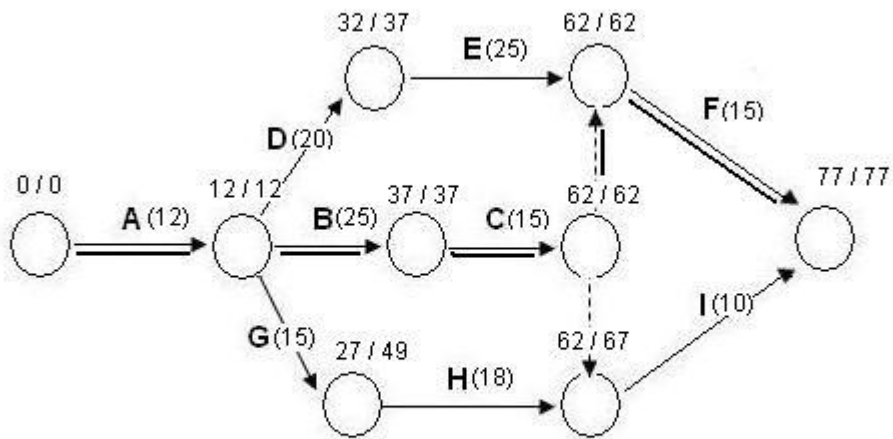
- Nodo o evento. Representa puntos en el tiempo que indican el inicio y/o fin de una o varias actividades.
- Flecha o arco. Representa a la actividad.



Considerando la duración de las actividades según la siguiente tabla:

Símbolo	Lista de actividades	Duración (días)
A	Definir arquitectura del proyecto.	12
B	Análisis y diseño del módulo de tareas (Kernel).	25
C	Implementación del Kernel del juego.	15
D	Definir casos de uso para el desarrollo del primer nivel.	20
E	Diseño del primer nivel	25
F	Implementación del primer nivel	15
G	Definir casos de uso para el desarrollo del segundo nivel.	15
H	Diseño del segundo nivel	18
I	Implementación del segundo nivel	10

Se representa la duración de cada actividad en el diagrama de Red y se determina la ruta crítica o camino crítico:



En este caso el camino crítico es el constituido por las actividades A, B, C y F. La duración total del proyecto sería la suma de la duración de las actividades que constituyen el camino crítico (actividades críticas). La duración de este grupo de actividades es de 77 días.

GLOSARIO

Actividad: Es una de las muchas tareas que componen un proyecto; posee inicio y fin definidos y debe ser coordinada y calendarizada para permitir la culminación exitosa del proyecto.

Artefacto: es un fragmento de información que es producido, modificado o usado durante el proceso de desarrollo de software.

Calidad: grado en que un conjunto de características inherentes de un producto, componente de producto, o proceso cumplen con las necesidades y expectativas del cliente.

Camino crítico: Es el camino más largo en una red y que define la duración del proyecto.

Modelo 3D: se refiere al conjunto de objetos 3D integrados como un todo para su empleo en el software de Realidad Virtual.

Objeto 3D: se ha utilizado este término para referirse a la mínima estructura tridimensional que se modela como un todo.

Proyecto: Es un conjunto de actividades interrelacionadas que deben concluirse en un tiempo y costo dados (óptimos)

Red: Es una representación gráfica de un proyecto constituida por relaciones nodos-flechas (arco).