

**Universidad de las Ciencias Informáticas  
Facultad 5 “Entornos Virtuales”**



***Estrategia para el desarrollo y gestión de requisitos  
en proyectos de Realidad Virtual.***

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

**Autores:**

Mailyn Medero Ruíz  
Katia Onelia Carralero Almaguer

**Tutores:**

Ing. Jandrich Domínguez Fortún  
Ing. José Manuel Pardo Matos

**Asesor:**

Msc. Pedro Carlos Pérez Martinto

**Junio de 2008**

**“Año 50 de La Revolución”**

*“Programar sin requisitos o diseño en mente es como explorar una gruta sólo con una linterna: no sabes dónde estás, dónde has estado ni hacia dónde vas”*

*Danny Thorpe*

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

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

Para que así conste firmo la presente a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_.

Mailyn Medero Ruíz

Katia Onelia Carralero Almaguer

\_\_\_\_\_  
Firma del Autor

\_\_\_\_\_  
Firma del Autor

Ing. Jandrich Domínguez Fortún

Ing. José Manuel Pardo Matos

\_\_\_\_\_  
Firma del Tutor

\_\_\_\_\_  
Firma del Tutor

### DATOS DE CONTACTO

*Jandrich Domínguez Fortín*

Email: [jandrich@uci.cu](mailto:jandrich@uci.cu)

Ingeniero Industrial. Graduado en Julio de 2005. Desde este 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 propio periodo 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 con los 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, 13 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 en sitios Web temáticos. En el año 2007 le concedieron el sello forjadores del futuro y Premio de Rector al profesor universitario en adiestramiento más destacado. En este propio año alcanzó la categoría de docente Instructor. Cumplió Misión UCI 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 infraestructura Productiva.

*Ing. José Manuel Pardo Matos*

Email: [jpardo@uci.cu](mailto:jpardo@uci.cu)

Ingeniero en Ciencias Informáticas. Graduado en Julio de 2007. Profesor del Departamento de Ciencias Básicas desde septiembre de 2007; 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 están 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 UCIENCIA 2007.

*MSc. Pedro Carlos Pérez Martinto*

Email: [pcpmartinto@uci.cu](mailto: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 seguidamente. 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 la Revolución, a Fidel Castro, a la UCI y a todos aquellos que han hecho posible que llegáramos hasta aquí.*

*A Tony por apoyarnos y ayudarnos en todo momento, por su interés y preocupación.*

*A nuestros tutores, Jandrich y José Manuel (Pepe) por dedicarnos parte de su tiempo, por iniciarnos en el mundo de la investigación y por su constancia.*

*A nuestros amigos por su apoyo y sus críticas constructivas que nos ayudaron a ser mejor cada día.*

*A todos los profesores que durante todos estos años contribuyeron con nuestra formación profesional.*

*A los especialistas porque con sus comentarios y observaciones nos permitieron enriquecerla.*

*Y un especial agradecimiento a nuestros padres por siempre estar en nuestros corazones.*

*Katia y Maifyn*

### DEDICATORIA

*A mis padres Roberto y Maira, por su constante apoyo y amor en todo para alcanzar este sueño que hoy es realidad, por estar siempre cerca de mí, por ser mis más fieles consejeros, por ser mi razón de vivir.*

*A mi novio Antonio, por estar a mi lado en todo momento, por ser el mejor regalo que me ha hecho la vida. Gracias chito por que sin ti no sería lo mismo.*

*A mi familia por apoyarme, en especial a mis hermanos Yunior y Robertico por ser ejemplos para mí y ocupar en mi corazón un lugar especial.*

*A mí queridos abuelos Amílcar, Vidal y Rosa y a mi tío Rubén a pesar de no estar hoy físicamente.*

*Katia*

### DEDICATORIA

*Especialmente a mis padres, Belkis y Victor, por darme el ser y todo lo maravilloso que me ha pasado, por ser grandes y justos y por ser la vida mía, por quererme y dedicarse incondicionalmente, por ser los mejores padres del mundo, por dedicarme toda su vida y quererme tanto.*

*A mi abuela, por su amor, dedicación y ternura, porque ha sido una madre para mí.*

*A mi hermanita del alma Dailyn, por aconsejarme, por darme fuerzas, por estar siempre a mi lado, por ser incondicional, por quererme tanto.*

*A mi amor, por su apoyo, paciencia, consejos y por todos los momentos de alegrías.*

*A mis amigos, en especial a Anelis y Yani, por creer en mí, por escucharme y darme su apoyo siempre que los necesité.*

*A mis demás familiares que influyeron de una manera u otra en que me formara como ingeniera.*

*A los compañeros de trabajo de mi mamá, por apoyarme, por ayudarme en todo momento.*

*A todos los que hicieron posible que mi sueño se hiciera realidad.*

*Maifyn*



### RESUMEN

En Cuba, durante los últimos años, se ha trabajado por alcanzar un nivel en el desarrollo de software, que permita la incursión en el mundo de la comercialización de productos de este tipo y sobre todo para que el país no tenga la necesidad de importar productos que perfectamente pueden ser desarrollados con los recursos disponibles. Para lograr este objetivo se tienen que desarrollar productos de una elevada calidad, y el primer paso para obtener un producto de este tipo es realizar un correcto proceso de desarrollo y gestión de requisitos. En la actualidad la mayoría de los equipos de desarrollo de software le restan importancia a este imprescindible proceso y utilizan un enfoque informal para la realización de la Ingeniería de Requisitos, ya que ignoran, de esta manera, los posibles riesgos que se podrían introducir en el avance del proyecto. El presente trabajo de diploma se enmarca en el campo de la Ingeniería de Requisitos, disciplina que trata los principios, métodos y técnicas que permiten descubrir, documentar y mantener los requisitos para sistemas de software de forma sistemática. Con esta investigación se logra establecer una estrategia para el desarrollo y gestión de requisitos en los proyectos de Realidad Virtual (RV) de la Facultad 5, de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), la cual constituye una importante y necesaria guía de ayuda para los desarrolladores de software, que contribuye a que los procesos de desarrollo y gestión de requisitos se hagan con la calidad requerida.

### PALABRAS CLAVES

*Desarrollo de Requisitos, Gestión de Requisitos, CMMI, Realidad Virtual.*

## TABLA DE CONTENIDOS

|  |    |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN .....   | 1  |
| CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....                                     | 4  |
| 1.1- INTRODUCCIÓN .....  | 4  |
| 1.2- CALIDAD .....   | 4  |
| 1.3- REQUISITO .....   | 5  |
| 1.3.1- CARACTERÍSTICAS DE UN BUEN REQUISITO .....                            | 5  |
| 1.3.1.1- CARACTERÍSTICAS DE LA DESCRIPCIÓN DE UN REQUISITO .....             | 6  |
| 1.3.2- CLASIFICACIÓN DE LOS REQUISITOS .....                                 | 7  |
| 1.3.3- CAUSAS QUE PUEDEN DIFICULTAR LA DETERMINACIÓN DE LOS REQUISITOS ..... | 8  |
| 1.4- REQUISITOS DENTRO DE LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD .....                    | 9  |
| 1.4.1- ISO 9001:2000 .....   | 9  |
| 1.4.2- IEEE 830 .....  | 10 |
| 1.4.3- ISO 9000:2000 .....   | 10 |
| 1.5- CMMI .....  | 11 |
| 1.5.1- ÁREA DE PROCESO: DESARROLLO DE REQUISITOS .....                       | 14 |
| 1.5.2- ÁREA DE PROCESO: GESTIÓN DE REQUISITOS .....                          | 16 |
| 1.6- REQUISITOS DENTRO DE LAS METODOLOGÍAS DE DESARROLLO .....               | 17 |
| 1.6.1- PROCESO UNIFICADO DE DESARROLLO .....                                 | 18 |
| 1.6.2- PROGRAMACIÓN EXTERNA .....  | 20 |
| 1.7- TÉCNICAS PARA LA CAPTURA DE REQUISITOS .....                            | 21 |
| 1.8- TÉCNICAS PARA LA DEFINICIÓN DE REQUISITOS .....                         | 27 |
| 1.9- TÉCNICAS PARA LA VALIDACIÓN DE REQUISITOS .....                         | 29 |
| 1.11- ROLES .....  | 31 |
| 1.12- REALIDAD VIRTUAL .....   | 33 |
| 1.12.1- APLICACIONES DE LA REALIDAD VIRTUAL .....                            | 34 |
| 1.13- SITUACIÓN ACTUAL .....   | 35 |
| CAPÍTULO 2: SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PROYECTOS DE REALIDAD VIRTUAL .....      | 37 |
| 2.1- INTRODUCCIÓN .....  | 37 |
| 2.2- CARACTERIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD PRODUCTIVA DE LA FACULTAD 5 .....       | 37 |
| 2.2.1- DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS DE LA MUESTRA .....                      | 38 |
| 2.2.2- SITUACIÓN ACTUAL .....  | 40 |

## TABLA DE CONTENIDOS

---

|   |    |
|---|----|
| CAPÍTULO 3: PROPUESTA.....                                      | 47 |
| 3.1- INTRODUCCIÓN.....  | 47 |
| 3.2- ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO Y GESTIÓN DE REQUISITOS..... | 47 |
| 3.2.1- DESARROLLO DE REQUISITOS.....                            | 47 |
| 3.2.1.1- OBJETIVO PRINCIPAL.....                                | 47 |
| 3.2.1.2- ACTIVIDADES A DESARROLLAR.....                         | 48 |
| 3.2.1.2.1- OBTENER REQUISITOS DEL CLIENTE.....                  | 48 |
| 3.2.1.2.2 - OBTENER REQUISITOS DEL PRODUCTO.....                | 53 |
| 3.2.1.2.3- ANALIZAR Y VALIDAR REQUISITOS.....                   | 58 |
| 3.2.1.3- ARTEFACTOS.....  | 66 |
| 3.2.2- GESTIÓN DE REQUISITOS.....                               | 66 |
| 3.2.2.1- OBJETIVO PRINCIPAL.....                                | 66 |
| 3.2.2.2- ACTIVIDADES A DESARROLLAR.....                         | 66 |
| 3.2.2.2.1- GESTIONAR LOS REQUISITOS.....                        | 66 |
| 3.2.2.3- ARTEFACTOS.....  | 70 |
| 3.3- VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA.....                            | 70 |
| CONCLUSIONES.....   | 77 |
| RECOMENDACIONES.....  | 78 |
| REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....                                   | 79 |
| ANEXOS.....   | 81 |
| ANEXO 1: Entrevista.....  | 81 |
| ANEXO 2: Lista de chequeo.....                                  | 82 |
| ANEXO 3: Cuestionario.....                                      | 83 |
| GLOSARIO.....   | 84 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 2.1: Tiempo de vida vs. Tiempo dedicado a la obtención de los requisitos..... | 40 |
| FIGURA 2.2 Factores que inciden en el exceso de tiempo del proyecto.....             | 45 |
| FIGURA 3.1 Diagrama de bloques.....  | 59 |
| FIGURA 3.2: Resultados del ejemplo al aplicar asignación numérica.....               | 62 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| TABLA 1.1 Objetivos y prácticas específicas para el desarrollo de requisitos..... | 15 |
| TABLA 1.2 Objetivos y prácticas específicas para la gestión de requisitos.....    | 17 |
| TABLA 1.3 Roles.....  | 31 |
| TABLA 2.1: Resultados de la verificación de la documentación.....                 | 40 |
| TABLA 2.2: Utilización de técnicas en los proyectos de RV.....                    | 42 |
| TABLA 2.3 Análisis y validación de los requisitos en los proyectos de RV.....     | 43 |
| TABLA 2.4 Gestión de los requisitos de los proyectos de RV.....                   | 44 |
| TABLA 3.1 Tabla de no conformidades.....  | 64 |
| TABLA 3.2 Plantilla de Gestión de cambios.....                                    | 67 |
| TABLA 3.3 Estructura de la matriz de trazabilidad.....                            | 68 |

## INTRODUCCIÓN

En la producción de software, la calidad es uno de los aspectos fundamentales para lograr satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes. La calidad de un producto o de un sistema es en su mayor parte consecuencia de la calidad de los procesos empleados en su desarrollo y mantenimiento.

A pesar del desarrollo alcanzado en la industria del software, aún persisten problemas que los limitan; dentro de ellos, un inadecuado entendimiento de las necesidades de los usuarios, incapacidad de absorber cambios en los requisitos e insatisfacciones de los clientes por inaceptable o bajo desempeño del software. Debido a lo anterior se ha llegado a introducir explícitamente la Ingeniería de Requisitos en Modelos de Mejora del Proceso de Software, mediante el desarrollo de guías e interpretaciones que permiten el estudio de la conformidad de procesos y productos de la Ingeniería de Requisitos, basados en estándares internacionales de calidad que buscan garantizar la satisfacción del cliente.

En los últimos años han sucedido grandes cambios en el campo de la Ingeniería de Requisitos. Se ha establecido un reconocimiento general de la importancia de esta ingeniería y de los riesgos en que se incurren si ésta se realiza de forma incorrecta o insuficiente. Con el consecuente impacto en el negocio de las organizaciones, el desarrollo y gestión de requisitos se han identificado como uno de los conjuntos de buenas prácticas que más contribuyen al éxito de los proyectos de software, con el respectivo aporte al entendimiento y a la comprensión de los problemas que se necesitan solucionar.

A diferencia de las características de los productos o servicios que están bajo el control de la empresa, los requisitos dependen fundamentalmente del cliente y son la concreción o representación de sus necesidades y expectativas, por lo que se tiene de un lado, al cliente con sus requisitos, y por el otro, a la empresa con unos productos o servicios con determinadas características, es decir, el nivel de calidad del producto está dado por el grado de cumplimiento de ciertos requisitos, necesidades o expectativas del cliente.

La Universidad de las Ciencias Informáticas creada al calor de la batalla de ideas desempeña un papel importante en la producción de software en Cuba. La misma está dividida en diez facultades donde cada una juega un papel fundamental en los diferentes campos de esta rama de la ciencia. Entre ellas se encuentra la facultad 5 en la que se desarrollan, entre otros, proyectos productivos de Realidad Virtual los cuales no están exentos de los problemas actuales en la Ingeniería de Requisitos.

En la actualidad, persisten dificultades respecto a la puesta en práctica de la Ingeniería de Requisitos dentro de los proyectos productivos de Realidad Virtual que se desarrollan en la Facultad 5. Esta problemática está dada por el poco tiempo que se dedica a los procesos de desarrollo y gestión de requisitos, a la falta de conocimientos y habilidades requeridas por los desarrolladores responsables de realizar un adecuado levantamiento de requisitos y a que en muchas ocasiones la implementación del sistema se comienza sin un previo análisis y validación de los requisitos previstos.

Por tales motivos el **problema científico** consiste en: ¿Cómo aplicar las áreas de procesos del modelo CMMI: Desarrollo de Requisitos y Gestión de Requisitos en los proyectos productivos de Realidad Virtual de la Facultad 5 de la Universidad de las Ciencias Informáticas?, teniendo como **objeto de estudio** el proceso de producción de software de Realidad Virtual.

El **Campo de Acción** son los procesos de desarrollo y gestión de requisitos en los proyectos productivos de Realidad Virtual de la facultad 5.

El **objetivo general** de la investigación es:

- Desarrollar una estrategia para el desarrollo y gestión de requisitos en los proyectos productivos de Realidad Virtual basada en el modelo CMMI v1.2.

Los **Objetivos Específicos**, para darle cumplimiento al objetivo general son:

- Realizar marco teórico conceptual.
- Estudiar la situación existente en los proyectos de Realidad Virtual relacionada con las áreas de procesos de CMMI: Desarrollo de Requisitos y Gestión de Requisitos.
- Proponer una estrategia para el desarrollo y gestión de requisitos en los proyectos productivos de Realidad Virtual.

**Idea a defender:** La aplicación de la estrategia obtenida, logrará un mejor desarrollo y gestión de requisitos en los proyectos productivos de Realidad Virtual de la facultad 5.

En la investigación se emplea el **método histórico** al analizar la trayectoria completa de las dos áreas de procesos de CMMI así como su adaptación a lo largo de la historia.

Dentro de los métodos empíricos se emplea en la investigación el **método experimental**, pues se estudian dos áreas de procesos del modelo CMMI para crear una estrategia para el desarrollo y gestión de requisitos.

La investigación está sustentada sobre una **población** de nueve proyectos productivos de RV: Laboratorios Virtuales, Compilación de Juegos, Diseño 3D, Simulador Quirúrgico, Juegos CNEURO, Juegos de Consola, Rehabilitación, Interacción de Elementos Virtuales y Herramientas de Desarrollo. Se tomó como **muestra**: Diseño 3D, Simulador Quirúrgico, Juegos CNEURO, Juegos de Consola, Rehabilitación y Herramientas de Desarrollo debido a que los restantes no han llegado a la fase de captura de requisitos o porque son completamente investigativos.

La presente investigación tiene una estructura de tres capítulos:

Capítulo 1: “Fundamentación Teórica”, que aborda el marco teórico de la investigación.

Capítulo 2: “Situación actual de los proyectos de Realidad Virtual”, donde se describe la situación actual de los proyectos productivos de Realidad Virtual de la facultad 5.

Capítulo 3: “Propuesta”, el cual detalla una estrategia para los procesos de desarrollo y gestión de requisitos basado en CMMI v1.2.

# CAPÍTULO 1

---

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 1.1- INTRODUCCIÓN

En este capítulo se hace un análisis de conceptos y elementos que son de gran utilidad para elaborar una estrategia para el desarrollo y gestión de requisitos, por ejemplo: calidad, requisitos, metodologías de desarrollo de software y estándares de calidad, con el objetivo de mejorar el proceso de producción de software en la facultad 5. Además se resumen los aspectos más importantes relacionados con las áreas de procesos de CMMI: Desarrollo de Requisitos y Gestión de Requisitos.

### 1.2- CALIDAD

La evolución del concepto de calidad ha sido muy dinámica. Se ha ido adecuando a la evolución de la industria, habiéndose desarrollado diversas teorías, conceptos y técnicas, hasta llegar a lo que hoy se conoce como calidad.

Según la Organización Internacional de Normalización (ISO), calidad se define como el grado en el que un conjunto de características inherentes cumplen con los requisitos (1). Esta definición mide la calidad según el cumplimiento de los requisitos.

Para el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) la calidad es el grado con el que un sistema, componente o proceso cumple los requisitos especificados y las necesidades o expectativas del cliente o usuario (2). En esta definición la calidad se mide según la satisfacción del cliente y el cumplimiento de los requisitos en el producto elaborado.

Según CMMI, calidad es la capacidad de un conjunto de características inherentes de un producto, componente de producto o proceso para satisfacer los requisitos de los clientes (3). En este concepto la calidad se mide según la capacidad con que el producto desarrollado cumpla con las expectativas y necesidades del cliente.



En resumen, calidad no es más que el grado o capacidad de un conjunto de características inherentes del producto que cumplen con los requisitos y expectativas del cliente.

## 1.3- REQUISITO

Según CMMI, requisito es la condición o capacidad que necesita un usuario para solucionar un problema o alcanzar un objetivo, para resolver o poseer un producto o un componente del producto para satisfacer un contrato, un estándar, una especificación, u otros documentos formalmente impuestos (3). En esta definición los requisitos están basados en la satisfacción del cliente.

Dorfman define requisito como una capacidad de software que debe poseer un sistema o componente de un sistema, de manera que satisfaga un contrato, estándar, especificación, u otra documentación formalmente impuesta (4). En esta definición los requisitos del software no se tratan como elementos en función de la satisfacción de clientes y usuarios.

Craig Larman delimita la meta primaria de la fase de requisitos, consistiendo la misma en identificar y documentar lo que en realidad se necesita, la cual de forma claramente se lo comunique al cliente y a los miembros del equipo de desarrollo (5). En esta definición los requisitos representan el vínculo entre los desarrolladores, clientes y usuarios.

Ralph Young, ingeniero de requisitos define un requisito como un atributo necesario en el sistema, una declaración que identifica una capacidad, característica o factor de calidad de un sistema con el fin de tener valor y utilidad para un cliente o usuario (6). En esta definición los requisitos del software se introducen como factor que provee la base de las medidas de calidad del producto.

En resumen, los requisitos son un conjunto de especificaciones clasificadas, definidas y aprobadas por los clientes que tienden a cumplir las necesidades o expectativas de los mismos. Son las características, cualidades y capacidades que debe cumplir un sistema.

### 1.3.1- CARACTERÍSTICAS DE UN BUEN REQUISITO

Los requisitos no siempre son entregados en su totalidad por los clientes y usuarios, así que los analistas también deben saber descubrirlos. Algunas veces no hay claridad ni consenso en cuanto a

los productos que se deben tener al final del flujo de trabajo. Los requisitos pueden evolucionar tan rápidamente que pueden cambiar antes de haber concluido el desarrollo del sistema. Las características de un requisito son sus propiedades principales. Un conjunto de requisitos en estado de madurez, deben presentar una serie de características.

### 1.3.1.1- CARACTERÍSTICAS DE LA DESCRIPCIÓN DE UN REQUISITO (7)

Completo:

Cada requisito debe describir de manera completa la funcionalidad que debe cumplir. Debe contener toda la información necesaria para que el desarrollador diseñe e implemente tal funcionalidad.

Correcto:

Cada requisito debe describir de manera precisa la funcionalidad que se debe construir. Un requisito correcto no debe entrar en conflicto con otro requisito. Sólo los usuarios más representativos del sistema pueden determinar de manera precisa si un requisito es correcto o no.

Realizable:

Debe ser posible implementar cada requisito de acuerdo a las capacidades y limitaciones del sistema y el medio que lo rodea. Para garantizar que no se determinen requisitos no realizables, se recomienda contar con personal en el interior del equipo de analistas de requisitos que pueda establecer las limitaciones técnicas y de costos.

Necesario:

Cada requisito debe documentar algo que los clientes realmente necesiten, algo que sea para conformidad de un sistema externo con el que se tenga interacción, o para satisfacer un estándar. Para determinar si un requisito es necesario se debe determinar quien lo propuso, es decir, conocer su origen.

Priorizable:

Es importante asignar una prioridad para cada requisito que indique que tan esencial es el mismo para la realización del producto. Se pueden perder elementos de juicio para el desarrollo del sistema si se asigna el mismo grado de prioridad a todos los requisitos.

No Ambiguo:

Todos los lectores de un requisito deben llegar a una misma y consistente interpretación del mismo. El lenguaje usado en su definición, no debe causar confusiones al lector.

Verificable:

Un requisito es verificable cuando puede ser cuantificado de manera que permita hacer uso de los siguientes métodos de verificación: inspección, análisis, demostración o pruebas.

Consistente:

Una especificación de requisitos es consistente si no existen requisitos que se contradigan.

Modificable:

Una especificación de requisitos debe permitir ser revisada y mantener un historial de cambios hechos sobre cada requisito. Esto requiere que cada requisito sea etiquetado de manera única y expresado de manera separada de otros requisitos para permitir referirse a él de manera no ambigua.

Trazable:

Cada requisito debe poder permitir trazar una línea del tiempo en la cual indique sus orígenes, y permita ser extendido a otras etapas del desarrollo del producto.

## 1.3.2- CLASIFICACIÓN DE LOS REQUISITOS

Existen diferentes clasificaciones de los requisitos representativas de distintos autores; sin embargo, en este marco teórico se hará referencia a una de las clasificaciones más aceptadas. Esta clasificación se relaciona directamente con la noción del sistema o solución basada en software, por tanto se enfoca a establecer y diferenciar las propiedades de los requisitos dentro de estos sistemas.

- **Requisitos funcionales:** Requisitos de tipo funcional que deberá satisfacer el sistema y que respondan a las preguntas ¿qué debe hacer el sistema, o qué debe permitir el sistema hacer a los usuarios con la información almacenada? Son aseveraciones de los servicios que el sistema debe proveer, cómo el sistema debe reaccionar a entradas particulares y cómo el sistema debe comportarse bajo situaciones particulares.

- Requisitos no funcionales: Requisitos de tipo no funcional relacionados normalmente con aspectos de tipo técnico como desempeño, seguridad, tiempos de respuesta, interfaz gráfica, tecnologías de implementación, usabilidad, fiabilidad, soporte, restricciones de diseño entre otras. Estos requisitos son restricciones sobre los servicios y funcionalidades ofrecidos por el sistema. Incluyen restricciones en el tiempo que se debe demorar un proceso, restricciones sobre el proceso de desarrollo y estándares.

### 1.3.3- CAUSAS QUE PUEDEN DIFICULTAR LA DETERMINACIÓN DE LOS REQUISITOS

- Los usuarios no tienen claro lo que desean.
- Los usuarios no se involucran en la elaboración de requisitos escritos.
- Los usuarios insisten en nuevos requisitos después de que el coste y la programación se hayan fijado.
- La comunicación con los usuarios es lenta.
- Los usuarios no participan en revisiones o son incapaces de hacerlo.
- Los usuarios no comprenden los problemas técnicos.
- Los usuarios no entienden el proceso del desarrollo.
- Los requisitos no son obvios y vienen de muchas fuentes.
- Son difíciles de expresar en palabras (el lenguaje es ambiguo).
- Existen muchos tipos de requisitos y diferentes niveles de detalle.
- La cantidad de requisitos en un proyecto puede ser difícil de manejar.
- Nunca son iguales. Algunos son más difíciles, más riesgosos, más importantes o más estables que otros.
- Los requisitos están relacionados unos con otros, y a su vez se relacionan con otras partes del proceso.
- Cada requisito tiene propiedades únicas y abarcan áreas funcionales específicas.
- Un requisito puede cambiar a lo largo del ciclo de desarrollo.
- Son difíciles de cuantificar ya que cada conjunto de requisitos es particular para cada proyecto.

## 1.4- REQUISITOS DENTRO DE LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD

Los Estándares de Calidad permiten definir un conjunto de criterios de desarrollo que guían la forma en que se aplica la Ingeniería del Software. Los estándares suministran los medios para que todos los procesos se realicen de la misma forma y son una guía para lograr la productividad y la calidad.

A principios de los 80 surgió la necesidad de desarrollar estándares para la evaluación de la calidad de software. A nivel mundial, numerosas instituciones han desarrollado modelos y estándares en función de organizar y formalizar los procesos en la industria del software. Entre ellos, los más conocidos son el Modelo de Madurez de Capacidad Integrado (CMMI), las prácticas recomendadas por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) para la Especificación de Requisitos de Software y la Organización Internacional para la Estandarización (ISO).

### 1.4.1- ISO 9001:2000 (8)

ISO es un organismo que se dedica a publicar normas a escala internacional. La norma ISO 9001:2000 especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad aplicable a toda organización cuando necesite demostrar su capacidad para proporcionar de forma coherente productos que satisfagan los requisitos del cliente y los reglamentarios aplicables; y aspira a aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora continua del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente y los reglamentarios aplicables.

Plantea que en la determinación de los requisitos relacionados con el producto, la organización debe determinar: los requisitos especificados por el cliente, incluyendo los requisitos para las actividades de entrega y las posteriores a la misma; los requisitos no establecidos por el cliente pero necesarios para el uso especificado o para el uso previsto, cuando sea conocido; los requisitos legales y reglamentarios relacionados con el producto y cualquier requisito adicional determinado por la organización.

En la revisión de los requisitos relacionados con el producto, según la norma, la organización debe revisar los requisitos relacionados con el producto. Esta revisión debe efectuarse antes de que la organización se comprometa a proporcionar un producto al cliente y debe asegurarse de que estén definidos los requisitos del producto, están resueltas las diferencias existentes entre los requisitos del

contrato o pedido y los expresados previamente, y la organización tiene la capacidad para cumplir con los requisitos definidos.

Define que deben mantenerse registros de los resultados de la revisión y de las acciones originadas por la misma. Cuando el cliente no proporcione una declaración documentada de los requisitos, la organización debe confirmar los requisitos del cliente antes de la aceptación. Cuando se cambien los requisitos del producto, la organización debe asegurarse de que la documentación pertinente sea modificada y de que el personal correspondiente conozca los requisitos modificados.

En este estándar los requisitos se ven como necesidades o expectativas establecidas generalmente implícitas u obligatorias.

### 1.4.2- IEEE 830 (7)

IEEE 830 plantea que todos los requisitos que pertenecen a un producto del software no son igualmente importantes. Algunos requisitos pueden ser esenciales, sobre todo para las aplicaciones de vida crítica, mientras otros pueden ser deseables.

Según la IEEE 830 los requisitos del proyecto representan una comprensión entre el cliente y el proveedor sobre materias contractuales que pertenecen a la producción de software y así no deben ser incluidos en la Especificación de Requisitos de Software. Los requisitos del proyecto se especifican en documentos, generalmente en el plan de desarrollo del software o en una declaración de trabajo.

Este estándar recomienda que los requisitos específicos deban estar a un nivel de detalle suficiente para permitir a los diseñadores diseñar un sistema que satisfaga los requisitos. Los requisitos específicos en el desarrollo del software deben tener referencias a documentos más actuales que los relacionen, ser singularmente identificables y prestársele la atención debida a organizar los requisitos para aumentar al máximo la legibilidad.

### 1.4.3- ISO 9000:2000 (1)

La Norma ISO 9000:2000 describe los principios de los sistemas de gestión de la calidad y especifica la terminología de los sistemas de gestión de la calidad.

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

---

Plantea que los sistemas de gestión de la calidad pueden ayudar a las organizaciones a alcanzar la satisfacción del cliente. Los clientes necesitan productos con características que satisfagan sus necesidades y expectativas. Estas necesidades y expectativas se expresan en la especificación del producto y son generalmente denominadas como requisitos del cliente. Los requisitos del cliente pueden estar especificados por el cliente de forma contractual o pueden ser determinados por la propia organización. En cualquier caso, es finalmente el cliente quién determina la aceptabilidad del producto. Dado que las necesidades y expectativas de los clientes son cambiantes, las organizaciones deben mejorar continuamente sus procesos y productos.

El enfoque del sistema de gestión de la calidad anima a las organizaciones a analizar los requisitos del cliente, definir los procesos que proporcionan productos aceptables para el cliente y a mantener estos procesos bajo control. Un sistema de gestión de la calidad puede proporcionar el marco para la mejora continua con el objetivo de aumentar la probabilidad de alcanzar la satisfacción del cliente y de otras partes interesadas. Proporciona confianza tanto a la organización como a sus clientes de su capacidad para proporcionar productos que satisfagan los requisitos de forma consistente.

Los requisitos para los productos pueden ser especificados por los clientes o por la organización, anticipándose a los requisitos del cliente o por reglamentación. Los requisitos para los productos, y en algunos casos, los procesos asociados pueden estar contenidos por ejemplo en especificaciones técnicas, normas de producto, normas de proceso, acuerdos contractuales y requisitos reglamentarios.

### 1.5- CMMI

La versión inicial del CMM (1.0) se difundió en 1991 y fue utilizada y revisada durante 1991 y 1992 para finalmente dar lugar, en 1993, a la última versión del CMM (1.1).

Tras la publicación del modelo CMM para software, se comenzaron a desarrollar modelos para mejorar la madurez de las capacidades en otras áreas y ámbitos. A finales de los 90 algunas organizaciones llevaban a cabo planes de calidad que integraban de forma simultánea varios modelos CMM.

Para facilitar la incorporación de varios CMM's, se desarrolla y publica en el 2001 el modelo CMMI que integra: CMM-SW, SE-CMM y IPD-CMM. Desde entonces estos tres modelos ya no evolucionan de

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

---

forma separada. Después de este modelo integrado es liberada la versión 1.2 de CMMI en agosto del 2006.

CMMI es un modelo que mide la madurez organizacional o la capacidad de ejecutar procesos de una entidad que produce Software. Los resultados de la medición realizada deben indicar hasta qué punto el proceso evaluado está explícitamente definido, gestionado, comprendido, controlado y es eficaz.

El modelo CMMI tiene el propósito de proporcionar una guía unificada para la mejora de múltiples disciplinas tales como ingeniería de sistemas e ingeniería de software. Lista las buenas prácticas pero no explica los pasos a seguir en cada uno de los procesos.

Presenta además dos versiones de representación:

Escalonada: Modelos de calidad que centran su foco en la madurez de la organización y presentan un modelo de mejora y evaluación.

Continua: Modelos de calidad que enfocan las actividades de mejora y evaluación en la capacidad de los diferentes procesos, presentan un modelo.

La visión continua de una organización mostrará la representación del nivel de capacidad de cada una de las áreas de proceso del modelo, y la escalonada definirá a la organización dándole en su conjunto un nivel de madurez del 1 al 5.

Los aspectos claves del modelo son, por un lado, la clasificación de las organizaciones en maduras e inmaduras, y luego, la prescripción del camino a seguir por una organización inmadura para evolucionar y convertirse en una organización madura. El modelo entiende por organización inmadura aquella que lleva adelante sus proyectos sin una definición previa de los procesos a seguir. Por organizaciones maduras el modelo entiende a aquellas que desarrollan sus proyectos en forma planeada.

Para que una organización se convierta en madura debe evolucionar con el tiempo alcanzando sucesivos niveles de madurez.



## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

---

Madurez: Atributo de las organizaciones que desarrollan o mantienen los sistemas de software. En la medida que éstas llevan a cabo su trabajo implantado, definido con mayor o menor rigor; conocido y ejecutado por todos los equipos de la empresa; y medido y mejorado de forma constante, las organizaciones serán más o menos “maduras” (3).

Existen 5 niveles de madurez: Inicial, Gestionado, Definido, Gestionado cuantitativamente y Optimizado. En el nivel 1 están todas las empresas, más bien tendrían que haberle llamado nivel 0, ya que solo por el mero hecho de existir como empresa de software están en el nivel 1. Por tanto, todas aquellas empresas que quieren implantar CMMI o tan sólo quieren mejorar su manera de trabajar para conseguir mejores resultados deben avanzar hasta el nivel 2. Lo que se pretende con el nivel 2 de CMMI es conseguir que en los proyectos de la organización haya una gestión de los requisitos y que los procesos (formas de hacer las cosas) estén planeados, ejecutados, medidos y controlados.

Consta de 6 niveles de capacidad para medir la capacidad de los procesos:

Capacidad: Atributo de los procesos. El nivel de capacidad de un proceso indica que si sólo se ejecuta, si se planifica, si se encuentra organizada y formalmente definida, se mide y se mejora de forma sistemática (3).

Niveles de capacidad:

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

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

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

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

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

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

El modelo hace hincapié en lo que llama la línea base de requisitos, que es un acuerdo firmado entre el equipo técnico, la gerencia y el cliente. Pero lejos de considerar que a partir de ese momento los

requisitos se conviertan en piedra, simplemente se estipula que a partir de ese momento todo pedido de cambio de requisitos pase por un proceso de control de cambios.

Está constituido por 22 áreas de proceso, vistas desde la representación continua del modelo se agrupan en 4 categorías según su finalidad: Gestión de proyectos, Ingeniería, Gestión de procesos y Soporte; vistas desde la representación escalonada, se clasifican en los 5 niveles de madurez.

Un área de proceso es un clúster de prácticas relacionadas en un área que, cuando están puestas en ejecución colectivamente, satisfacen un sistema de metas consideradas importantes para llevar a cabo mejoras en esa área.

En el modelo CMMI, hay dos áreas que recogen disciplinas de Ingeniería de Requisitos: Gestión de Requisitos y Desarrollo de Requisitos. Estas áreas de proceso de CMMI abarcan desde la recogida hasta la validación de los requisitos, pasando por la correcta especificación, análisis y gestión de los mismos a lo largo de todo el ciclo de vida.

### 1.5.1- ÁREA DE PROCESO: DESARROLLO DE REQUISITOS

El área del proceso Desarrollo de Requisitos está en el nivel 3 de madurez. Justamente es esta área de proceso la encargada de producir y analizar los requisitos del cliente, del producto, y de las componentes del producto.

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El área incluye tres objetivos específicos y diez prácticas específicas:

| Objetivos Específicos  | Prácticas Específicas  |
|--|--|
| <b>SG1 Obtener requisitos del cliente</b><br>Se relevan las necesidades, expectativas y restricciones y se traducen en requisitos del cliente.       | SP 1.1 Obtener necesidades.<br>SP 1.2 Elaborar requisitos del cliente.   |
| <b>SG1 Obtener requisitos del Producto</b><br>Los requisitos del cliente son refinados para obtener los requisitos del producto y sus componentes.   | SP 2.1 Establecer requisitos del producto y de los componentes del producto.<br>SP 2.2 Ubicar requisitos de componentes del producto.<br>SP1.3 Identificar requisitos de interfaz.   |
| <b>SG3 Analizar y Validar Requisitos</b><br>Los requisitos son analizados y validados, y se desarrolla una definición de la funcionalidad requerida. | SP 3.1 Establecer conceptos operacionales y escenarios asociados.<br>SP 3.2 Establecer definición de funcionalidades requeridas.<br>SP 3.3 Analizar Requisitos.<br>SP 3.4 Analizar los requisitos para ver su alcance.<br>SP 3.5 Validar Requisitos. |

**TABLA 1.1 Objetivos y prácticas específicas para el desarrollo de requisitos**

Esta área suele implementarse mediante la adopción de técnicas de relevamiento y análisis de requisitos, como por ejemplo prototipado, escenarios de operación, casos de uso, etc. Más allá de las técnicas elegidas es importante que se formalice:

- Cómo se obtendrán los requisitos del usuario.
- Cómo se refinarán dichos requisitos hasta obtener los del producto y los correspondientes a sus componentes.
- Cómo se especificarán, analizarán y validarán los requisitos.

Vale aclarar que los requisitos se agrupan en tres categorías: los del cliente (aquellos que formulan el cliente y que, por ejemplo, pueden ser documentados en una minuta de reunión), los del producto

(derivados a partir de los primeros; generalmente descriptos en un lenguaje más cercano al equipo de desarrollo), y los componentes del producto (derivados de los anteriores).

### 1.5.2- ÁREA DE PROCESO: GESTIÓN DE REQUISITOS

El área del proceso Gestión de Requisitos (REQM) está en el nivel 2 de madurez. Esta área de proceso tiene como propósito mantener bajo control los requisitos que el producto a desarrollar deberá satisfacer. Las prácticas incluidas aquí, apuntan a que los requisitos no solo estén claramente identificados, sino también que todos los involucrados en el proyecto (el cliente, el equipo de proyecto, etc.) estén de acuerdo en su significado.

Un tema fundamental planteado en esta área de proceso es que cualquier cambio realizado a los requisitos se efectúe de manera controlada (por ejemplo, solamente un grupo reducido de personas debería proponer cambios) y que el resto de los artefactos del proyecto (planes, especificaciones, diseño, etc.) se mantengan consistentes.

Otro aspecto importante incluido en esta área es la trazabilidad bidireccional. Cuando los requisitos son correctamente gestionados se debe estar en condiciones de relacionar cuál ha sido el origen de los requisitos, cuál es la relación entre los requisitos de bajo nivel y los de alto nivel (por ejemplo, cuáles son derivados y de cuál requisito), cuáles son los artefactos relacionados con los requisitos, y cuáles componentes del producto implementan cada requisito.

Esta práctica es sumamente importante para poder realizar un buen análisis del impacto ante posibles cambios, y fundamental para poder determinar si el alcance del proyecto ha sido cubierto o no (¿han sido satisfechos todos los requisitos?).

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En esta área hay solamente un objetivo específico y cinco prácticas específicas:

| Objetivo Específicos  | Prácticas Específicas   |
|---|---|
| <b>SG1 Gestionar Requisitos</b><br>Los requisitos son gestionados, y se identifican las inconsistencias entre los productos del trabajo y los requisitos. | SP 1.1 Obtener un entendimiento de los requisitos.<br>SP 1.2 Obtener compromiso con los requisitos.<br>SP 1.3 Gestionar cambios en los requisitos.<br>SP 1.4 Mantener trazabilidad bidireccional de los requisitos.<br>SP 1.5 Identificar inconsistencias entre el trabajo del proyecto y los requisitos. |

**TABLA 1.2 Objetivos y prácticas específicas para le gestión de requisitos**

Desde el punto de vista práctico, el área de proceso se satisface poniendo en marcha algún tipo de mecanismo o sistema que:

- Identifique quienes son las fuentes 'oficiales' de requisitos.
- Identifique cuáles son los canales válidos para ingresar requisitos al proyecto.
- Controle los cambios (no cualquiera estaría en condiciones de generar un cambio a un requisito).
- Permita determinar si todos los involucrados tienen la misma visión respecto al significado de los requisitos (por ejemplo, mediante la aprobación de algún tipo de documento formal).
- Mantenga la trazabilidad entre los requisitos y otros artefactos (incluyendo al producto y sus componentes).

### 1.6- REQUISITOS DENTRO DE LAS METODOLOGÍAS DE DESARROLLO

Una metodología es un proceso. En un proyecto de desarrollo de software la metodología define Quién debe hacer Qué, Cuándo y Cómo debe hacerlo. No existe una metodología de software universal. Las características de cada proyecto (equipo de desarrollo, recursos, etc.) exigen que el proceso sea configurable. En la actualidad existen varias metodologías tales como: Proceso Unificado de Desarrollo (RUP) y Programación Extrema (XP) entre otras.

## 1.6.1- PROCESO UNIFICADO DE DESARROLLO

RUP es el resultado de varios años de desarrollo y uso práctico en el que se han unificado técnicas de desarrollo, a través del Lenguaje Unificado de Modelado (UML), y el trabajo de muchas metodologías utilizadas por los clientes. La versión que se ha estandarizado vio la luz en 1998 y se conoció en sus inicios como Proceso Unificado de Rational 5.0; de ahí las siglas con las que se identifica a este proceso de desarrollo (9).

Es una metodología sólida, con documentación, que apoya el ciclo de vida evolutivo incremental, además de orientarse al desarrollo de componentes apoyando el desarrollo orientado a objetos (10). Según Kruchten (10), RUP es un proceso de ingeniería de software que provee un enfoque disciplinado para la asignación de tareas y responsabilidades dentro de una organización desarrolladora de software. Su principal objetivo es asegurar la producción de software de alta calidad que satisfaga las necesidades de sus usuarios finales dentro de un presupuesto y tiempo predecible.

En RUP se han agrupado las actividades en grupos lógicos definiéndose nueve flujos de trabajo principales. Los tres últimos son utilizados de apoyo y los seis primeros son conocidos como flujos de ingeniería entre los que se encuentra “Requerimientos” el cual define qué es lo que el sistema debe hacer, para lo cual se identifican las funcionalidades requeridas y las restricciones que se imponen (9).

Los objetivos del flujo de trabajo Requerimientos son:

- Definir el ámbito del sistema.
- Definir una interfaz de usuarios para el sistema, enfocada a las necesidades y metas del usuario.
- Establecer y mantener un acuerdo entre clientes y otros involucrados sobre lo que el sistema debería hacer.
- Proveer a los desarrolladores un mejor entendimiento de los requisitos del sistema.
- Proveer una base para estimar recursos y tiempo de desarrollo del sistema.
- Proveer una base para la planeación de los contenidos técnicos de las iteraciones.

Como parte de este flujo de trabajo las principales actividades que se realizan son:

- Identificar y clasificar requisitos.
- Encontrar actores y casos de uso.
- Priorizar casos de uso.
- Detallar casos de uso.
- Prototipar la interfaz de usuario.
- Estructurar el modelo de casos de uso.

Los requisitos se pueden clasificar en funcionales y no funcionales. Los funcionales son capacidades o condiciones que el sistema debe cumplir. Se mantienen invariables sin importar con que propiedades o cualidades se relacionen. Los no funcionales son propiedades o cualidades que el producto debe tener. Debe pensarse en estas propiedades como las características que hacen al producto atractivo, usable, rápido o confiable. Forman una parte significativa de la especificación. Son importantes para que clientes y usuarios puedan valorar las características no funcionales del producto, pues si se conoce que el mismo cumple con la toda la funcionalidad requerida, las propiedades no funcionales, como cuán usable, seguro, conveniente y agradable, pueden marcar la diferencia entre un producto bien aceptado y uno con poca aceptación.

Para RUP la validación de requisitos es una actividad fundamental. Entre las técnicas de validación de requisitos se encuentran: listas de chequeo, construcción de prototipos y generación de casos de prueba.

Las listas de chequeo son frecuentemente usadas en inspecciones o revisiones de artefactos generados en el proceso de producción de software; son listas de aspectos que deben ser completados o verificados.

Un prototipo es una versión inicial de un sistema de software que se utiliza para demostrar los conceptos, probar las opciones de diseño y entender mejor el problema y su solución.

Cada requisito debe ser posible de probar, por tanto debería asociarse un caso de prueba a cada requisito. Un caso de prueba para requisitos funcionales generalmente consiste en definir las entradas, salidas del software y acciones del usuario para que se pueda completar lo que expresa el requisito.

En resumen, RUP plantea que la especificación de los requisitos debe ser precisa, completa y clara. Los requisitos deben ser verificados y validados para evitar errores que puede resultar altamente costosos en una etapa posterior del desarrollo del sistema por lo que tiene relación con lo que plantea CMMI pues se deben desarrollar y gestionar los requisitos del cliente, del producto y que estos sean verificados y validados.

RUP define rol como el comportamiento y responsabilidades de un individuo, o de un grupo de individuos trabajando juntos como un equipo. Una persona puede desempeñar diversos roles, así como un mismo rol puede ser representado por varias personas. Las responsabilidades de un rol son tanto el llevar a cabo un conjunto de actividades como el ser el 'dueño' de un conjunto de artefactos.

### 1.6.2- PROGRAMACIÓN EXTERNA (11)

XP fue inicialmente creada para el desarrollo de aplicaciones dónde el cliente no sabe muy bien lo que quiere, lo que provoca un cambio constante en los requisitos que debe cumplir la aplicación. Esta se adapta a las necesidades del cliente, dónde la aplicación se va reevaluando en periodos de tiempo cortos.

XP está diseñada para el desarrollo de aplicaciones que requieran un grupo de programadores pequeño, dónde la comunicación sea más factible que en grupos de desarrollo grandes. Los programadores están en constante comunicación con los clientes para satisfacer sus requisitos y responder rápidamente a los cambios de los mismos. Muchos problemas que surgen en los proyectos se deben a que después de concretar los requisitos que debe cumplir el programa no hay una revisión de los mismos, pudiendo dejar olvidados puntos importantes.

En resumen XP se basa en la realimentación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo. Se define para proyectos con requisitos imprecisos y muy cambiantes, y donde existe un alto riesgo técnico. En XP la captura de requisitos gira entorno a una lista de características que el cliente desea que existan en el producto final por lo que tiene relación con CMMI pues éste plantea que se deben desarrollar y gestionar los requisitos del cliente y del producto.



### 1.7- TÉCNICAS PARA LA CAPTURA DE REQUISITOS

La captura de requisitos es la actividad mediante la cual el equipo de desarrollo de un sistema de software extrae, de cualquier fuente de información disponible, las necesidades que debe cubrir dicho sistema (12). El proceso de captura de requisitos puede resultar complejo, principalmente si el entorno de trabajo es desconocido para el equipo de analistas, y depende mucho de las personas que participen en él. Por la complejidad que todo esto puede implicar, la ingeniería de requisitos ha trabajado desde hace años en desarrollar técnicas que permitan hacer este proceso de una forma más eficiente y precisa como por ejemplo:

Entrevistas:

Resultan una técnica muy aceptada dentro de la ingeniería de requisitos y su uso está ampliamente extendido. Las entrevistas le permiten al analista tomar conocimiento del problema y comprender los objetivos de la solución buscada. A través de esta técnica el equipo de trabajo se acerca al problema de una forma natural. Existen muchos tipos de entrevistas y son muchos los autores que han trabajado en definir su estructura y dar guías para su correcta realización (13) (14). Básicamente, la estructura de la entrevista abarca varios pasos: identificación de los entrevistados, preparación de la entrevista, realización de la entrevista y documentación de los resultados. Las entrevistas, sin embargo, no es una técnica sencilla de aplicar (14). Requiere que el entrevistador sea experimentado y tenga capacidad para elegir bien a los entrevistados y obtener de ellos toda la información posible en un período de tiempo siempre limitado. Bajo este aspecto la preparación de la entrevista representa un papel esencial.

La entrevista es muy utilizada para la obtención de información en forma verbal, es una forma de conversación no de interrogación, lo que permite obtener información cualitativa y además descubrir malos entendidos o falsas expectativas. Al analizar características del sistema con el personal seleccionado cuidadosamente, el analista puede conocer datos que no están disponibles en ninguna otra fuente. Las entrevistas pueden ser grupales o individuales, permiten recabar datos en forma verbal.

Tipos de entrevista:

Dependiendo de la clase de información que se desea obtener las entrevistas pueden ser:

1. Estructuradas: si se desea información más específica y una alta confiabilidad en las respuestas. Para lo que se preparan preguntas estandarizadas (que pueden ser abiertas o cerradas).
2. No estructuradas: Si se desea información más general; cuando se prepara una serie de preguntas libres o sin estructura.

Etapas de la entrevista:

Preparación de la entrevista

Debe prepararse de antemano con el tema de la entrevista. El conjunto de preguntas a realizarse deben ser planeadas, aunque en el curso de la entrevista algunas preguntas ya no sean necesarias y más bien surjan otras interrogantes.

La planeación debe considerar lo siguiente:

- Objetivos de la entrevista
- Método para alcanzar los objetivos (entrevista estructurada, entrevista no estructurada, grupales, etc.)
- Información sobre el entrevistado y su área de acción.

Selección de los entrevistados

Durante las primeras etapas de un estudio del sistema, cuando los analistas están determinando la factibilidad del proyecto, con frecuencia las entrevistas solo se aplican a la gerencia o al personal de supervisión. Sin embargo durante la investigación detallada en donde el objeto es descubrir hechos específicos, opiniones en todos los niveles gerenciales y de empleados, se elige al personal de acuerdo a quien puede proporcionar información útil para el estudio, de hecho los empleados de la parte operativa de la organización están en interacción constante con el sistema y son también una buena fuente de información.

Desarrollo conjunto de aplicaciones (JAD):

Esta técnica involucra a todos los stakeholders disponibles, investigando a través de los problemas generales, ya sean los problemas a resolver o las soluciones a estos. Con las dos partes representadas, las decisiones pueden ser hechas de manera rápida y las cuestiones resueltas de igual manera. La diferencia entre esta técnica y la tormenta de ideas radica en que los objetivos del sistema ya han sido establecidos antes de la presencia de los stakeholders. Las sesiones de JAD están típicamente bien estructuradas con pasos definidos, acciones, y roles para los participantes (incluido el especialista facilitador). Este tipo de técnica a menudo se centra en las necesidades y deseos del negocio y los usuarios más que en detalles técnicos (15).

Tormenta de ideas:

Es una técnica de reuniones en grupo cuyo objetivo es que los participantes muestren sus ideas de forma libre (16). Consiste en la mera acumulación de ideas y/o información sin evaluar las mismas. El grupo de personas que participa en estas reuniones no debe ser muy numeroso (máximo 10 personas), una de ellas debe asumir el rol de moderador de la sesión, pero sin carácter de controlador. Como técnica de captura de requisitos es sencilla de usar y de aplicar, contrariamente al JAD puesto que no requiere tanto trabajo en grupo como éste. Además suele ofrecer una visión general de las necesidades del sistema, pero normalmente no sirve para obtener detalles concretos del sistema, por lo que suele aplicarse en los primeros encuentros.

Principios de la tormenta de ideas:

- Aplazar el juicio y no realizar críticas, hasta que no agoten las ideas, ya que actuaría como un inhibidor. Se ha de crear una atmósfera de trabajo en la que nadie se sienta amenazado.
- Cuantas más ideas se sugieran, mejores resultados se conseguirán: "la cantidad produce la calidad". Las mejores ideas aparecen tarde en el periodo de producción de ideas, será más fácil que encontremos las soluciones y tendremos más variedad sobre la que elegir.
- La producción de ideas en grupos puede ser más efectiva que la individual.
- Tampoco se debe olvidar que durante las sesiones, las ideas de una persona, serán asociadas de manera distinta por cada miembro, y hará que aparezcan otras por contacto.

Mapas Conceptuales:

Los mapas conceptuales (14) son grafos en los que los vértices representan conceptos y las aristas representan posibles relaciones entre dichos conceptos. Estos grafos de relaciones se desarrollan con

el usuario y sirven para aclarar los conceptos relacionados con el sistema a desarrollar. Son muy usados dentro de la ingeniería de requisitos pues son fáciles de entender por el usuario, más aún si el equipo de desarrollo hace el esfuerzo de elaborarlo en el lenguaje de éste. Sin embargo, deben ser usados con cautela porque en algunos casos pueden ser muy sugestivos y pueden llegar a ser ambiguos en casos complejos si no se acompaña de una descripción textual.

### Interfaz y Navegación:

La misma consiste en representar sobre papel, en forma muy esquemática, las diferentes interfaces al usuario. Estas interfaces pueden ser agrupadas y unidas por enlaces dando idea de la estructura de navegación.

### Casos de Uso:

Aunque inicialmente se desarrollaron como técnica para la definición de requisitos (17), algunos autores proponen casos de uso como técnica para la captura de requisitos (14) (18). Los casos de uso permiten mostrar el contorno (actores) y el alcance (requisitos funcionales expresados como casos de uso) de un sistema. Un caso de uso describe la secuencia de interacciones que se producen entre el sistema y los actores del mismo para realizar una determinada función. Los actores son elementos externos (personas, otros sistemas, etc.) que interactúan con el sistema como si de una caja negra se tratase. Un actor puede participar en varios casos de uso y un caso de uso puede interactuar con varios actores. La ventaja esencial de los casos de uso es que resultan muy fáciles de entender para el usuario o cliente, sin embargo carecen de la precisión necesaria (19) (20) si no se acompañan con una información textual o detallada con otra técnica como pueden ser diagramas de actividades (21).

### Cuestionarios:

Esta técnica requiere que el analista conozca el ámbito del problema en el que está trabajando. Consiste en redactar un documento con preguntas cuyas respuestas sean cortas y concretas, o incluso cerradas por unas cuantas opciones en el propio cuestionario. Este cuestionario será cumplimentado por el grupo de personas entrevistadas o simplemente para recoger información en forma independiente de una entrevista.

Los cuestionarios pueden ser la única forma posible de relacionarse con un gran número de personas para conocer varios aspectos del sistema. Cabe decir que con esta técnica no es posible observar las

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

---

reacciones o expresiones de quienes responden al cuestionario, sin embargo la aplicación de cuestionarios puede ayudar a que el encuestado proporcione respuestas con mayor honestidad.

Tipos de cuestionarios:

Cuestionario abierto

Es aconsejable cuando se desea conocer información general puesto que el interrogado puede dar a conocer sus sentimientos, opiniones y experiencias generales. En esta clase de cuestionario las preguntas son no estructuradas (abiertas).

Cuestionario cerrado

Esta clase de cuestionario limita las respuestas del individuo a opciones propuestas por el analista, por lo que en este caso el analista controla el marco de referencia. Por lo general el tipo de preguntas que se adoptan en este tipo de cuestionarios son cerradas o estructuradas. Este tipo de cuestionario es conveniente para obtener información sobre los hechos y obliga a las personas a tomar una posición en su opinión sobre los aspectos analizados.

Etapas del Cuestionario:

Preparación del Cuestionario

El cuestionario al igual que la entrevista debe diseñarse muy cuidadosamente para lograr una máxima efectividad. Un cuestionario bien logrado toma tiempo y mucho trabajo.

La planeación debe considerar lo siguiente:

- Objetivos del cuestionario (que datos se desean conocer).
- Método para alcanzar los objetivos (abierto, cerrado, anónimo).

Selección de quienes recibirán el cuestionario

Las personas que recibirán el cuestionario deben seleccionarse de acuerdo a la información que pueden proporcionar. Se debe escoger a personas calificadas, de forma que sus respuestas sean válidas para el análisis, por lo que es necesario verificar antecedentes, experiencias de quienes responderán el cuestionario.

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

---

También hay que considerar que el procesamiento de la información proporcionada en el cuestionario no es trivial, por lo que la determinación de la muestra (personas que recibirán el cuestionario) es importante.

Comparación de terminología:

Uno de los problemas que surge durante la elicitación de requisitos es que usuarios y expertos no llegan a entenderse debido a problemas de terminología. Esta técnica es utilizada en forma complementaria a otras para obtener consenso respecto de la terminología a ser usada en el proyecto de desarrollo.

Para ello es necesario identificar el uso de términos diferentes para los mismos conceptos, misma terminología para diferentes conceptos (conflictos) o cuando no hay concordancia exacta ni en la vocabulario ni en los conceptos (contraste) (14).

Sistemas Existentes:

Esta técnica consiste en analizar distintos sistemas ya desarrollados que estén relacionados con el sistema a ser construido. Por un lado, se puede analizar las interfaces de usuario, observando el tipo de información que se maneja y cómo es manejada. Esto puede ser útil para descubrir información importante a tener en cuenta, información que tal vez el cliente haya fallado en comunicar. Es recomendable que luego de haber analizado el sistema, se le muestre al cliente, ya que puede sugerir ideas nuevas.

Arqueología de documentos:

Con la aplicación de esta técnica se trata de determinar posibles requisitos sobre la base de inspeccionar la documentación utilizada por la empresa; por ejemplo: boletas, facturas, etc. Esta herramienta sirve más que nada como complemento de las demás técnicas, y nos ayuda a obtener información que de otra manera sería sumamente difícil conseguir. Se debe recolectar cualquier formulario o documento que sea utilizado para registrar o enviar información.

Aprendiz:

Esta técnica se basa en la idea del maestro y el aprendiz, y es una buena forma de observar el trabajo real. Aquí, el aprendiz es representado por el analista, y el cliente cumple el rol de maestro. El aprendiz se sienta con el maestro a aprender por medio de la observación, haciendo preguntas como ¿por qué

hizo eso? y ¿qué significa eso?, y también realizando algún trabajo bajo la supervisión del maestro. La aplicación de esta técnica es muy útil, ya que a veces es difícil para el cliente explicar cómo realiza su trabajo. Es también una técnica apropiada para un proyecto donde el problema no es estructurado, ya que es una de las mejores formas de obtener el conocimiento que se encuentra en la "cabeza" del cliente. Una de las posibles objeciones que se le pueden hacer a esta técnica es que su implementación requiere de mucho tiempo.

Grabaciones de video y audio:

Básicamente existen dos formas de utilizar las grabaciones: como registro y apoyo de las entrevistas, y para analizar algún proceso en particular. En cuanto a su función de apoyo, es importante por cuanto permite centrar la atención en la entrevista en sí, en vez de distraerse tomando notas de todo lo que se dice. Cuando se está grabando la conversación, basta con "puntear" en una libreta los temas tratados para después tener una guía básica de los temas tratados y saber en qué lugar de la grabación buscar. Además, permite analizar los temas con más detenimiento y con una visión más global, pues ya se ha conversado sobre todos los puntos necesarios y se han visto los procesos. Cuando se trata de analizar algún proceso en particular, su ayuda es inestimable (sobre todo las filmaciones de video) ya que permite ver y analizar en detalle ese proceso la cantidad de veces que sea necesario.

Existen más técnicas para la captura de requisitos, incluso también es común encontrar alternativas que combinen varias de estas técnicas (14). Sin embargo, las presentadas ofrecen un conjunto representativo de las más utilizadas.

### 1.8- TÉCNICAS PARA LA DEFINICIÓN DE REQUISITOS

También para la actividad definición de requisitos, en el proceso de ingeniería de requisitos, hay un gran número de técnicas propuestas por ejemplo:

Lenguaje natural:

Resulta una técnica muy ambigua para la definición de los requisitos. Consiste en definir los requisitos en lenguaje natural sin usar reglas para ello. Pero, a pesar de que son muchos los trabajos que critican su uso, es cierto que a nivel práctico se sigue utilizando.

Glosario y ontologías:

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

---

La diversidad de personas que forman parte de un proyecto de software hace que sea necesario establecer un marco de terminología común (22). Por esta razón son muchas las propuestas que abogan por desarrollar un glosario de términos en el que se recogen y definen los conceptos más relevantes y críticos para el sistema. En esta línea se encuentra también el uso de ontologías, en las que no sólo aparecen los términos, sino también las relaciones entre ellos.

Plantillas o patrones:

Esta técnica, recomendada por varios autores (13) (23), tiene por objetivo el describir los requisitos mediante el lenguaje natural pero de una forma estructurada. Una plantilla es una tabla con una serie de campos y una estructura predefinida que el equipo de desarrollo va complementando. Las plantillas eliminan parte de la ambigüedad del lenguaje natural al estructurar la información; cuanto más estructurada sea ésta menos ambigüedad ofrece. Sin embargo, si el nivel de detalle elegido es demasiado detallado, el trabajo de rellenar las plantillas y mantenerlas puede ser demasiado tedioso.

Escenarios:

La técnica de los escenarios consiste en describir las características del sistema a desarrollar mediante una secuencia de pasos (18). La representación del escenario puede variar dependiendo del autor. Esta representación puede ser casi textual o ir encaminada hacia representaciones gráficas en forma de diagramas de flujo (24). El análisis de los escenarios, hechos de una forma u otra, pueden ofrecer información importante sobre las necesidades funcionales de sistema (25).

Casos de uso:

Es como técnica de definición de requisitos como más ampliamente han sido aceptados los casos de uso. Actualmente se ha propuesto como técnica básica del proceso RUP (26). Sin embargo, son varios los autores que defienden que pueden resultar ambiguos a la hora de definir los requisitos (12) (19) (20) por lo que hay propuestas que los acompañan de descripciones basadas en plantillas o de diccionarios de datos que eliminen su ambigüedad.

Lenguajes Formales:

Otra técnica que merece la pena resaltar como extremo opuesto al lenguaje natural, es la utilización de lenguajes formales para describir los requisitos de un sistema. Las especificaciones algebraicas como ejemplo de técnicas de descripción formal, han sido aplicadas en el mundo de la ingeniería de requisitos desde hace años (27). Sin embargo, resultan muy complejas en su utilización y para ser



entendidas por el cliente. El mayor inconveniente es que no favorecen la comunicación entre cliente y analista. Por el contrario, es la representación menos ambigua de los requisitos y la que más se presta a técnicas de verificación automatizadas.

### 1.9- TÉCNICAS PARA LA VALIDACIÓN DE REQUISITOS

Los requisitos una vez definidos necesitan ser validados. La validación de requisitos tiene como misión demostrar que la definición de los requisitos define realmente el sistema que el usuario necesita o el cliente desea (25). Es necesario asegurar que el análisis realizado y los resultados obtenidos de la etapa de definición de requisitos son correctos. Pocas son las propuestas existentes que ofrecen técnicas para la realización de la validación y muchas de ellas consisten en revisar los modelos obtenidos en la definición de requisitos con el usuario para detectar errores o inconsistencias. Aún así, existen algunas técnicas que pueden aplicarse para ello:

Reviews o Walk – Throughs:

Esta técnica consiste en la lectura y corrección de la completa documentación o modelado de la definición de requisitos. Con ello solamente se puede validar la correcta interpretación de la información transmitida. Más difícil es verificar consistencia de la documentación o información faltante.

Auditorías:

La revisión de la documentación con esta técnica consiste en un chequeo de los resultados contra una lista de chequeo predefinida o definida a comienzos del proceso, es decir que sólo una muestra es revisada.

Matrices de trazabilidad:

Esta técnica consiste en marcar los objetivos del sistema y chequearlos contra los requisitos del mismo (13). Es necesario ir viendo qué objetivos cubre cada requisito, de esta forma se podrán detectar inconsistencias u objetivos no cubiertos.

Prototipos:

Algunas propuestas se basan en obtener de la definición de requisitos los prototipos que, sin tener la totalidad de la funcionalidad del sistema, permitan al usuario hacerse una idea de la estructura de la

interfaz del sistema con el usuario (28). Esta técnica tiene el problema de que el cliente debe entender que lo que está viendo es un prototipo y no el sistema final.

### 1.10- HERRAMIENTAS

Existe una gran diversidad de herramientas que han sido desarrolladas y utilizadas para apoyar el desarrollo y gestión de requisitos:

**Plantilla Especificación de Requisitos:**

Esta plantilla representa el tipo de herramienta más básica usada para apoyar el proceso de obtención de requisitos. En esta solo hay que poner la información que solicita. Se puede encontrar en el expediente de proyecto establecido en la UCI.

**Plantilla Plan de Gestión de Requisitos:**

Esta plantilla apoya el proceso de gestión de los requisitos. Al igual que la platilla de Especificación de requisitos se encuentra en el expediente de proyecto.

**RequisitePro:**

Es una herramienta centrada en documentos, que almacena los requisitos asociándolos a documentos (aunque también permite guardarlos directamente en la base de datos), mientras que las otras herramientas están orientadas a requisitos. Auxilia especialmente en el control de cambio de requisitos, con trazabilidad para especificaciones de software y pruebas (29).

**IRqA:**

Es una herramienta de ingeniería de requisitos especialmente diseñada para soportar el proceso completo de ingeniería de requisitos. En IRqA el ciclo de especificación completo incluye la captura de requisitos, análisis, especificación de sistema, validación y la organización de requisitos es soportada por modelos estándares (29)

**CaliberRM:**

Es para sistemas grandes y complejos y proporciona una base de datos de requisitos con trazabilidad. La compañía ve a los requisitos como parte del proceso de gestión de la calidad del software, el cual es considerado también, las pruebas y el trazado de defectos. Caliber está basado en internet y

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

---

maneja referencia de documentos, responsabilidad de usuario, trazabilidad, prioridad y estado entre otras características (29).

### DOORS:

A diferencia del resto de las herramientas, considera los requisitos como objetos y los documentos como módulos. Tiene una orientación basada en objetos, frente a RequisitePro y Caliber-RM, que manejan solamente requisitos y sus atributos. Es una herramienta para organizaciones grandes que necesitan controlar complejos conjuntos de usuarios y requisitos de sistemas con una completa trazabilidad. Proporciona buena visualización de tales documentos como jerárquicas, y su lenguaje de extensión permite una gran variedad de soporte de herramientas a ser construidas (29).

### 1.11- ROLES

A continuación se describen los roles y responsabilidades para los procesos de desarrollo y gestión de requisitos (30).

| <b>Rol</b>        | <b>Responsabilidades</b>   |
|-------------------|--|
| Líder de software | Participar en la definición del proyecto.<br>Tomar las decisiones en el proyecto.<br>Aprobar las tecnologías a usar en el desarrollo del proyecto.<br>Coordinar y organizar las tareas que se asignan a los miembros del equipo de desarrollo.<br>Gestionar los recursos y materiales necesarios para el proyecto y para el equipo de desarrollo.<br>Llevar a cabo todo el proceso |

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

---

|                    |   |
|--------------------|---|
|                    | de gestión de proyecto  |
| Analista Principal | <p>Definir la estrategia para la captura de requisitos.</p> <p>Definir los artefactos que se obtendrán como resultado del análisis y la metodología que se sigue para obtenerlos.</p> <p>Definir las técnicas de recopilación de información que serán usadas durante la captura de requisitos.</p> <p>Supervisar y controlar el cumplimiento de las tareas de la disciplina.</p>   |
| Analista           | <p>Participar en la definición del proyecto.</p> <p>Intervenir en la modelación del negocio.</p> <p>Interactuar con el usuario final en la definición de los requisitos de la aplicación.</p> <p>Crear el modelo del negocio</p> <p>Identificar los requisitos de la aplicación.</p> <p>Crear el modelo del sistema</p> <p>Definir el prototipo de interfaz de usuario elemental.</p> <p>Traducir la comunicación entre usuarios finales y desarrolladores.</p> <p>Gestionar los requisitos adicionales que aparezcan durante el desarrollo del</p> |

|  |           |
|--|-----------|
|  | software. |
|--|-----------|

**TABLA 1.3 Roles**

## 1.12- REALIDAD VIRTUAL

La Realidad Virtual es definida como un espacio tridimensional gráfico, táctil, visual o auditivo (también llamado ambiente o “mundo” virtual), donde los usuarios pueden interactuar y navegar en ese espacio utilizando aparatos especiales (31). La RV presenta dos características esenciales: produce el efecto de inmersión; cuando el usuario siente que está “adentro” o presente en el ambiente virtual, y es multisensorial (cuando los usuarios del ambiente virtual usan más de un sentido para interactuar con éste).

El término "Realidad Virtual" suele asociarse a casi todo aquello que tiene que ver con imágenes en tres dimensiones generadas por ordenador y con la interacción de los usuarios con este ambiente gráfico. Ello supone la existencia de un complejo sistema electrónico para proyectar espacios visuales en 3D y para enviar y recibir señales con información sobre la actuación del usuario.

A finales de los 80, los gráficos generados por computador entraron en una nueva época. Además de que las imágenes tridimensionales comenzaran a reemplazar a las bidimensionales, también comenzó a surgir la necesidad de un espacio de trabajo totalmente interactivo generado a través de la tecnología. Es precisamente a finales de esta década, en 1989, cuando se propone, por parte de Jaron Lanier, el término "Realidad Virtual".

A partir de principios de los años 90, los sistemas de RV se han visto enriquecidos con sensaciones del mundo real a través de estímulos visuales, auditivos y de otro tipo que afectan al usuario de manera interactiva.

La Realidad Virtual explota todas las técnicas de reproducción de imágenes y las extiende, usándolas dentro del entorno en el que el usuario puede examinar, manipular e interactuar con los objetos expuestos. Un mundo virtual es un modelo matemático que describe un espacio tridimensional, dentro de este espacio están contenidos objetos que pueden representar cualquier cosa, desde una simple entidad geométrica, por ejemplo un cubo o una esfera, hasta una forma compleja, como puede ser un

desarrollo arquitectónico, un nuevo estado físico de la materia ó el modelo de una estructura genética. Se trata, en definitiva, de un paso más allá de lo que sería la simulación por computador, tratándose realmente de la simulación interactiva, dinámica y en tiempo real de un sistema.

### 1.12.1- APLICACIONES DE LA REALIDAD VIRTUAL (32)

La Realidad Virtual es una tecnología que puede ser aplicada en cualquier campo, como la educación, gestión, telecomunicaciones, juegos, entrenamiento militar, procesos industriales, medicina, trabajo a distancia, consulta de información, marketing, turismo, etc.

Una de las principales aplicaciones es la telerobótica, que consiste en el manejo de robots a distancia, pero con la salvedad de que el operador ve lo que el robot esta viendo e incluso tiene el tacto de la máquina.

En la industria se utiliza también la Realidad Virtual para mostrar a los clientes aquellos productos que serían demasiado caros enseñar de otra manera o simplemente no están contruidos porque se realizan a medida. Se están utilizando sistemas de este tipo, por ejemplo, para el diseño de calzado deportivo, permitiendo acortar los tiempos de diseño de un producto de vida muy corta en cuanto a la permanencia de un modelo en el mercado.

La Realidad Virtual también se utiliza para tratar sistemas que no pueden ser manejados en el mundo real. Por ejemplo, simulaciones de enfrentamientos bélicos, o simuladores de vuelo.

Otro campo de aplicación es el de la construcción de edificios. Entre otras posibilidades, permite el diseño del interior y exterior de una vivienda antes de construirla, de forma que el cliente pueda participar en el mismo realizando una visita virtual de la vivienda que se va a construir.

En el ámbito de la medicina, además de facilitar la manipulación de órganos internos del cuerpo en intervenciones quirúrgicas, permite, entre otras posibilidades, la creación, para los estudiantes de medicina, de pacientes virtuales que adolecen de diversas enfermedades y presentan los síntomas característicos para poner en práctica las habilidades terapéuticas del futuro médico. En el tratamiento de fobias también se ha comprobado la utilidad de los sistemas de Realidad Virtual, donde el paciente tiene el control de la "realidad" y puede ir manejando su experiencia dentro de la misma.

Otras aplicaciones científicas consisten en el estudio de tormentas eléctricas, los impactos geológicos de un volcán en erupción, el diseño de compuestos químicos, el análisis molecular, la investigación en ingeniería genética, etc.

### 1.13- SITUACIÓN ACTUAL

Cada vez más las organizaciones reconocen la importancia de usar procesos estándares. Una organización que se considere competitiva debe disponer de procesos estandarizados y metodologías estándares para el desarrollo de un producto de software, en especial cuando se tratan de centros de mantenimiento de aplicaciones ó fabricas de software que se encuentran distribuidas en diferentes localidades.

Saber qué construir es la parte más difícil al realizar un sistema. Ninguna otra parte del trabajo conceptual es tan difícil como establecer los requisitos, ni afecta tanto el sistema si son incorrectamente realizados.

La extracción iterativa y el refinamiento de los requisitos del producto constituyen la tarea más importante del ciclo de vida del software. Los requisitos son importantes porque proporcionan la base para todo el trabajo del desarrollo que sigue.

Las prácticas ineficaces de requisitos son un problema en toda la industria. Realizar un enfoque más disciplinado del desarrollo y gestión de requisitos contribuye a mejorar el éxito de los proyectos.

Uno de los modelos que presenta gran importancia para el establecimiento de requisitos es CMMI. Con la utilización de dicho modelo se ayuda a enriquecer el proceso de producción de software.

En el mundo existen varios países que utilizan el modelo CMMI. Ejemplos de ellos tenemos: La India, donde 457 empresas han sido evaluadas oficialmente en CMM y CMMI, Estados Unidos con 2.066 empresas, en China 198 empresas y en Japón 205 empresas. Además, países como Irlanda e Israel también utilizan este modelo (33).

La India posee muchas empresas con niveles muy altos de CMMI: 4 y 5. Es por ello que es el mayor proveedor de software de Estados Unidos. Según estadísticas publicadas en marzo de 2005 por el SEI

## CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

---

para sus modelos Software CMM (iniciado en 1987) y CMMI (iniciado en 2002) la India ostentaba 387 firmas certificadas en Software CMM; y 70 en CMMI (33).

Actualmente la India encabeza la lista de los 10 países con mayor cantidad de empresas certificadas por el CMMI, seguida por Estados Unidos, China, Japón e Israel (33).

En América Latina son muy pocas las empresas que pueden ostentar un certificado de CMMI. En investigaciones recientes (septiembre 2006) Brasil contaba con 39 empresas certificadas en CMMI, Argentina con 15 empresas, México con menos de 10 y Chile con 8 empresas certificadas en el nivel 2 (33).

La creación del Ministerio de la Informática y las Comunicaciones, la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), así como las demás instituciones relacionadas con la producción de software, son ejemplos ilustrativos del avance significativo que está alcanzando Cuba en la industria del software.

A pesar del desarrollo adquirido en el país, la UCI no está exenta de los problemas que aparecen a la hora de realizar un software. La misma utiliza sus propios procedimientos, prácticas, herramientas, metodologías, haciendo uso de varios estándares, variando de diversas maneras dentro de cada facultad.

En la Universidad se crearon grupos de calidad en todas las facultades, con el objetivo de gestionar la calidad a través de medios tales como la planificación de la calidad, el control, el aseguramiento y la mejora de la misma, estas prácticas han dado algunos resultados pero todavía falta mucho por hacer



## **CAPÍTULO 2: SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PROYECTOS DE REALIDAD VIRTUAL**

### 2.1- INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realiza un análisis del proceso de producción de software de los proyectos productivos de RV de la Facultad 5, lo que constituye el objeto de estudio de la investigación. Para dar cumplimiento a los objetivos se realiza un diagnóstico con vista a detectar las insuficiencias que presenta la producción de software en la etapa de desarrollo y gestión de requisitos, donde se emplean diferentes técnicas tales como: entrevistas a diferentes personas relacionadas con la producción de software en la facultad; encuestas a los líderes de los proyectos y revisión de documentos internos.

### 2.2- CARACTERIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD PRODUCTIVA DE LA FACULTAD 5

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.

El Polo de Realidad Virtual de la Facultad 5 desarrolla productos de Realidad Virtual. Por tal motivo desde sus inicios ha venido trabajando en diferentes proyectos encaminados a la producción de simuladores y juegos entre otros. 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.

### 2.2.1- DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS DE LA MUESTRA

#### Proyecto 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 obtenido por equipos TAC o MRI. El proyecto vincula varias líneas de investigación de la Realidad Virtual donde se debe profundizar y lograr resultados en temáticas novedosas para el país.

#### Proyecto Juegos CNEURO:

El producto que se desarrolla es un juego para la intervención de la Discalculia en escolares de 6to grado. Se espera que con este producto mejore la afectación que presentan estos niños, además de que los que no la padecen pueden utilizarlo como material de estudio. Existe una demanda de intervención entre un 3% y un 6% de los escolares cubanos con Discalculia del Desarrollo. Este trastorno del aprendizaje no es susceptible de mejorar con intervención pedagógica, pues sus causas son de origen biológico. No existen vías para potenciar las capacidades numéricas en escolares en edades tempranas del desarrollo. En el mundo esta situación se comporta de manera muy similar a la de Cuba. Estos juegos tendrán entornos atractivos, con lo cual se lograría una mayor motivación de los niños. En un futuro se piensa desarrollar un juego para cada uno de los grados de escolaridad primaria, desde 1ero al 5to.

#### Proyecto Juegos de Consola:

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.

### Proyecto 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 precisamente 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 RV con técnicas de Biorretroalimentación.

### Proyecto Herramientas de Desarrollo:

El proyecto surge ante la necesidad de concebir una Biblioteca Gráfica de Tiempo Real propia para los proyectos del Polo de Realidad Virtual, así como otras herramientas gráficas que permitan el desarrollo de sistemas de Realidad Virtual por parte de los proyectos del Polo de RV de la Facultad 5.

### Proyecto 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 está 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 y modelaje o animación a proyectos UCI, que no cuenten con la tecnología para hacerlo por sus propios medios.

Las líneas de desarrollo del Polo de Realidad Virtual de la Facultad 5 son:

- Video-Juegos de Entretenimiento – Aprendizaje.
- Simuladores para Entrenamiento – Evaluación.
- Maquetas Virtuales.
- Laboratorios Virtuales.
- Diseño y Realización de Entornos y Animaciones 3D.
- Aplicaciones de Realidad Virtual para la salud.
- Evaluadores teóricos basados en situaciones 3D.

- Herramientas para el desarrollo de Software para Realidad Virtual.

Según la descripción de los proyectos de la muestra las líneas de desarrollo presentes son:

- Video-Juegos de Entretenimiento – Aprendizaje.
- Simuladores para Entrenamiento – Evaluación.
- Diseño y Realización de Entornos y Animaciones 3D.
- Herramientas para el desarrollo de Software para Realidad Virtual.

En estos, algunas de las actividades de los procesos de desarrollo y gestión de requisitos no se realizan de igual manera puesto que cada línea de desarrollo tiene características diferentes. En los juegos el producto está constituido por niveles a diferencia de los demás que están constituidos por componentes, además en los juegos los requisitos son obtenidos a partir de guiones.

### 2.2.2- SITUACIÓN ACTUAL

Al desarrollar un producto de software se debe definir la metodología, la herramienta y el proceso a utilizar. Este proceso es de suma importancia para el desarrollo y gestión de requisitos a lo largo del ciclo de vida del producto a pesar de la diversidad de criterios de los desarrolladores. Para ver como se desarrollan y gestionan los requisitos en los proyectos productivos de Realidad Virtual se realizó un estudio: entrevistas sostenidas con los líderes de proyecto; revisión a los expedientes de proyectos aplicándoles la lista de chequeo elaborada (Anexo 2); cuestionarios aplicados y observaciones realizadas a cada uno de los proyectos productivos de la muestra, detectándose una serie de problemas.

Lograr una comunicación efectiva entre los usuarios y el equipo de desarrollo, con el objetivo de llegar a un entendimiento de lo que hay que hacer, es la clave del éxito en la producción de un software; según resultados de la entrevista (Anexo 1) el 33% de los proyectos productivos de RV de la facultad 5 no mantienen una frecuente comunicación con los clientes.

Todos los líderes de proyecto entrevistados consideran que los procesos de desarrollo y gestión de requisitos tienen gran importancia aunque el 83% no la ha desarrollado de la mejor manera.

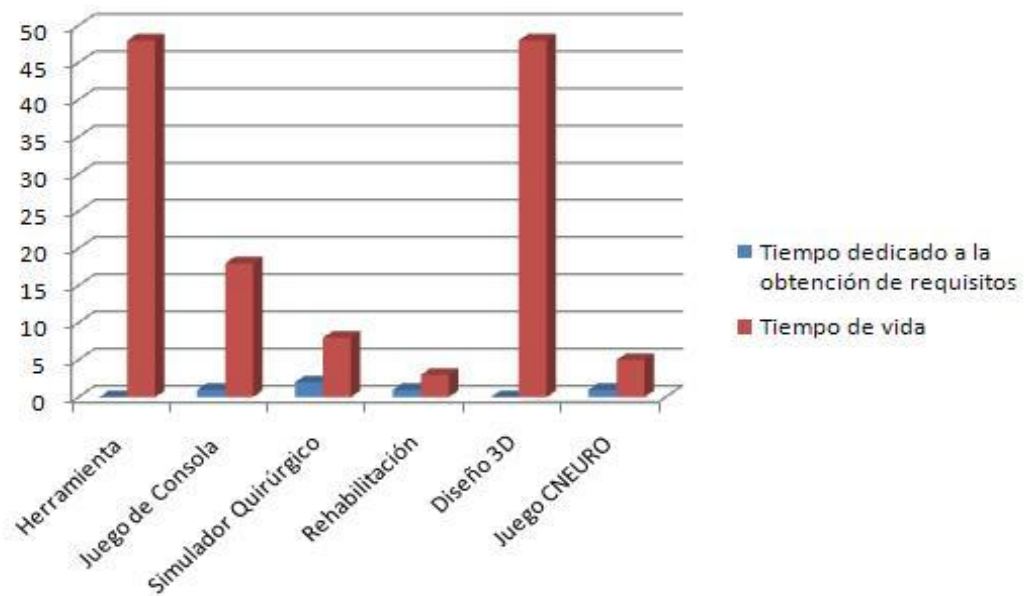
## CAPÍTULO 2: SITUACIÓN ACTUAL

Un correcto desarrollo y gestión de requisitos se realiza cuando se comienza por la identificación de los requisitos y se termina en la documentación de los mismos. Según la documentación que presenta cada proyecto, en los expedientes de proyecto, se puede concluir que pocos proyectos realizan correctamente estos procesos pues de ellos solo el 17% tiene la documentación establecida para el desarrollo y gestión de requisitos (Figura 2.1). El 83% centra sus esfuerzos en las tareas de identificación y clasificación pero no la reflejan en los documentos establecidos y el 17% solo lo tiene en cuenta a la hora de desarrollar el producto.

| # | Proyectos                                  | Diseño 3D | Simulador Quirúrgico | Juegos CNEURO | Juegos de Consola | Rehabilitación | Herramientas de Desarrollo |
|---|--|-----------|----------------------|---------------|-------------------|----------------|----------------------------|
| 1 | Documento de Especificación de Requisitos. |           |                      |               | x                 |                |                            |
| 2 | Plan de gestión de Requisitos              |           | x                    | x             | x                 |                | x                          |

**TABLA 2.1: Resultados de la verificación de la documentación**

El tiempo dedicado a la obtención de requisitos es uno de los aspectos que conlleva al éxito del producto; la entrevista realizada arrojó como resultado que el tiempo dedicado a este proceso no está en correspondencia con el tiempo de vida de dichos proyectos (Figura 2.1).



**FIGURA 2.1: Tiempo de vida vs. Tiempo dedicado a la obtención de los requisitos**

La utilización de técnicas en el desarrollo y gestión de requisitos permite que el equipo de desarrollo extraiga los requisitos del cliente y del producto de una mejor manera. El cuestionario realizado arrojó los resultados siguientes (Tabla 2.2).

## CAPÍTULO 2: SITUACIÓN ACTUAL

| #  | Proyectos / Técnicas                       | Diseño 3D | Simulador Quirúrgico | Juegos CNEURO | Juegos de Consola | Rehabilitación | Herramientas de Desarrollo |
|----|--|-----------|----------------------|---------------|-------------------|----------------|----------------------------|
| 1  | Entrevistas                                | x         |                      | x             | x                 | x              |                            |
| 2  | Desarrollo conjunto de aplicaciones ( JAD) |           | x                    |               |                   |                |                            |
| 3  | Tormenta de ideas                          | x         |                      | x             | x                 | x              |                            |
| 4  | Mapas Conceptuales                         |           |                      |               |                   | x              |                            |
| 5  | Interfaz y Navegación                      |           |                      | x             |                   | x              |                            |
| 6  | Casos de Uso                               |           | x                    |               |                   | x              |                            |
| 7  | Cuestionarios                              |           |                      |               |                   |                |                            |
| 8  | Comparación de terminología                |           |                      |               |                   |                |                            |
| 9  | Sistemas Existentes                        |           |                      |               |                   |                | x                          |
| 10 | Arqueología de documentos                  |           |                      |               |                   |                |                            |
| 11 | Aprendiz                                   |           |                      |               |                   |                |                            |
| 12 | Grabaciones de video y audio               |           |                      |               |                   |                |                            |
| 13 | Lenguaje natural                           |           |                      |               |                   |                |                            |
| 14 | Glosario y ontologías                      |           |                      |               |                   |                |                            |
| 15 | Plantillas o patrones                      |           |                      |               |                   | x              |                            |
| 16 | Escenarios                                 |           |                      |               |                   | x              |                            |
| 17 | Lenguajes Formales                         |           |                      |               |                   |                |                            |
| 18 | Reviews o Walk – Throughs                  |           |                      |               |                   |                |                            |
| 19 | Auditorías                                 |           |                      |               |                   |                |                            |
| 20 | Matrices de trazabilidad                   |           |                      |               |                   |                |                            |
| 21 | Prototipos                                 |           |                      |               | x                 | x              |                            |

**TABLA 2.2: Utilización de técnicas en los proyectos de RV**

En los proyectos se emplean algunas de estas técnicas sin conocer que son parte del proceso de desarrollo y gestión de requisitos. Las técnicas más utilizadas son la entrevista y la tormenta de ideas, las restantes sólo son utilizadas por uno u otro proyecto e incluso por ninguno. Se puede concluir que en los proyectos de la muestra estos procesos no tienen definido una estrategia que establezca como y en que actividad se debe aplicar la técnica que realmente resuelva el problema.

Los requisitos deben ser analizados y validados para evitar errores que puedan resultar altamente costosos en una etapa posterior. Según las revisiones y cuestionarios (Anexo 3) realizados a los proyectos se obtuvo los resultados expuestos en la Tabla 2.3. Los proyectos que realizan este proceso utilizan diferentes procedimientos: Juego de Consola mediante pruebas realizadas a los módulos una vez terminados, Rehabilitación mediante juicio de expertos, es decir, entrevistas con el cliente y especialistas en el área de aplicación del producto y Juego CNEURO mediante listas de chequeo. Es importante tener definido una estandarización del proceso de análisis y validación que conlleve a que todos los proyectos productivos realicen este proceso utilizando las mismas técnicas.

| # | Proyectos  | Diseño 3D | Simulador Quirúrgico | Juegos CNEURO | Juegos de Consola | Rehabilitación | Herramientas de Desarrollo |
|---|--|-----------|----------------------|---------------|-------------------|----------------|----------------------------|
| 4 | Realiza el proceso de análisis y validación de los requisitos. |           |                      | x             | x                 | x              |                            |

**TABLA 2.3 Análisis y validación de los requisitos en los proyectos de RV**

Gestionar los requisitos es de gran importancia pues asegura que los requisitos están libres de inconsistencias, que queden documentados todos los cambios realizados a los mismos durante el ciclo de vida del producto y mantener la trazabilidad bidireccional. En los proyectos de RV este proceso es prácticamente nulo solo el 17% lo realiza, de ahí que se valore como un aspecto negativo (Tabla 2.4).

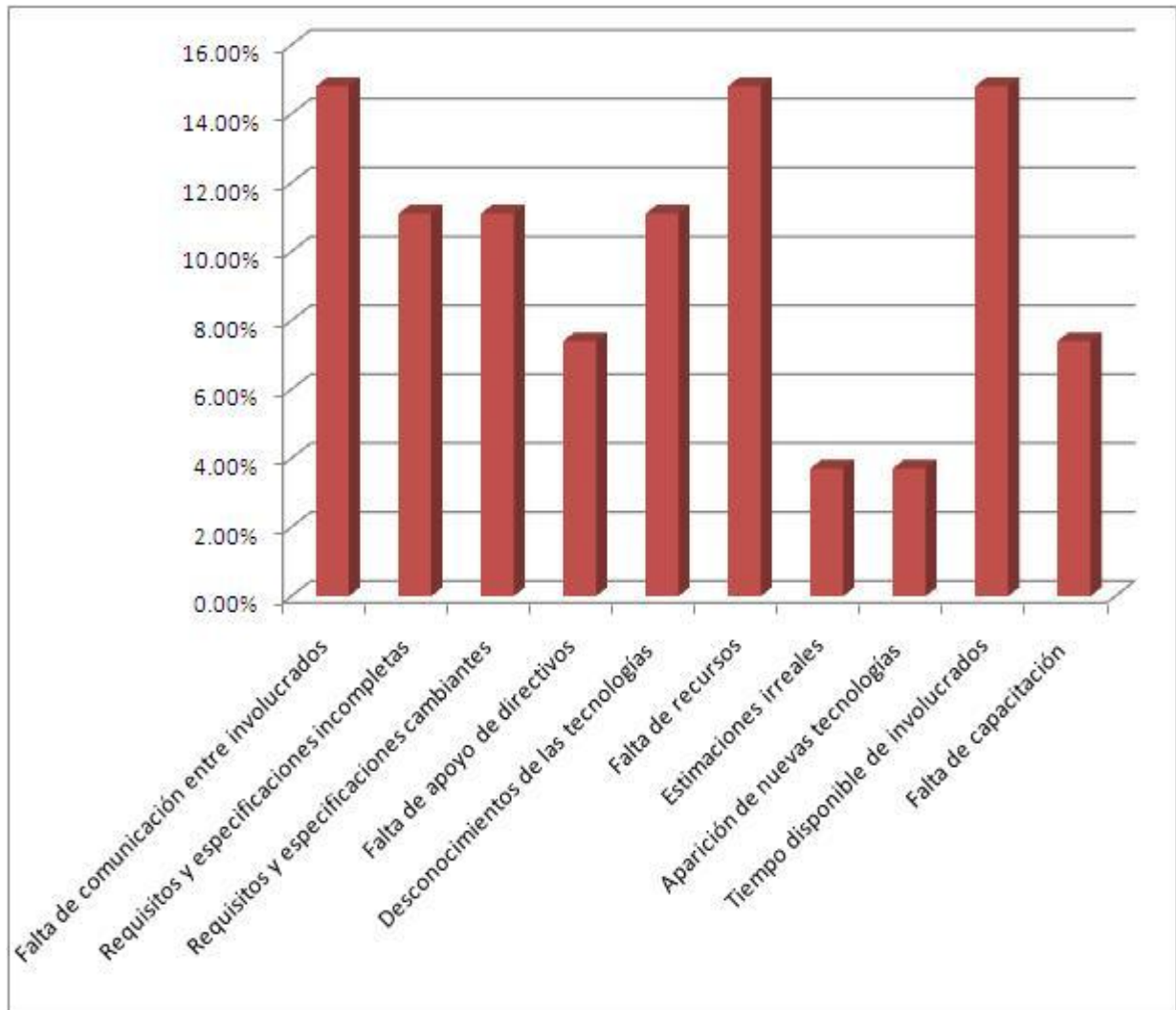


| # | Proyectos                | Diseño 3D | Simulador Quirúrgico | Juegos CNEURO | Juegos de Consola | Rehabilitación | Herramientas de Desarrollo |
|---|--------------------------|-----------|----------------------|---------------|-------------------|----------------|----------------------------|
| 5 | Gestiona los requisitos. |           |                      |               |                   | x              |                            |

**TABLA 2.4 Gestión de los requisitos en los proyectos de RV**

Guiarse por un estándar de calidad de software a la hora de la producción es una buena práctica; este sería el encargado de dirigir los procesos de desarrollo y gestión de requisitos, conllevando a la calidad del producto final. Los proyectos productivos de Realidad Virtual encuestados arrojaron como resultado que en la facultad no está establecida ninguna norma ni modelo para realizar dichos procesos.

En la entrevista se midió además el nivel de impacto de los factores que podrían provocar un exceso en el tiempo en proyectos de Realidad Virtual. Algunos de estos factores que inciden con gran impacto en el exceso de tiempo están relacionados con el desarrollo y gestión de requisitos lo que permite concluir que los procedimientos usados por los entrevistados no son los idóneos para este tipo de proyecto de ahí la importancia de contar con una guía para realizar estos procesos (Figura 2.2).



**FIGURA 2.2** Factores que inciden en el exceso de tiempo del proyecto

## **CAPÍTULO 3: PROPUESTA**

### 3.1- INTRODUCCIÓN

Este capítulo se presenta una estrategia para realizar los procesos de desarrollo y gestión de requisitos en los proyectos de RV de la Facultad 5 y la validación de la misma. Se establece para cada proceso el objetivo principal, las actividades a desarrollar y los artefactos resultantes. El desarrollo de requisito esta dividido en tres actividades fundamentales: obtener requisitos del cliente, obtener los requisitos del producto y el análisis y validación de los requisitos. La gestión de requisitos por su parte expone una sola actividad: gestionar los requisitos.

### 3.2- ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO Y GESTIÓN DE REQUISITOS

Esta estrategia está diseñada específicamente para desarrollar y gestionar requisitos en proyectos de Realidad Virtual. Al poner en práctica la estrategia que se describe a continuación es de suma importancia el seguimiento lógico de las actividades que se proponen en la misma.

Para desarrollar y gestionar los requisitos en los proyectos productivos de Realidad Virtual se debe conformar en cada proyecto el personal que trabajará en los procesos de desarrollo y gestión de requisitos, definiéndose las responsabilidades de cada cual. Para desarrollar las actividades propuestas es conveniente conformar un equipo de trabajo interdisciplinario conformado por un analista principal, analistas, un gestor de cambios, un representante del cliente y uno de los usuarios finales, además, se debe contar con la participación de un personal de apoyo que pueda hacer aportes para entender la organización en estudio, liderar las diversas técnicas que se pueden utilizar y en la identificación de necesidades de quien vaya a hacer uso de la aplicación a desarrollar. Siendo esta actividad una de las responsabilidades del líder de proyecto.

#### 3.2.1- DESARROLLO DE REQUISITOS

##### 3.2.1.1- OBJETIVO PRINCIPAL

Obtener los diferentes tipos de requisitos, los componentes del producto y el análisis y validación de los mismos.

### 3.2.1.2- ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Una detallada observación del desarrollo de los procesos en el seno de la organización, resulta esencial para determinar los requisitos necesarios para la informatización de dichos procesos. Muchas veces los clientes presentan indecisiones en cuanto a cuáles son los requisitos que su producto requiere, por tal razón, resulta de vital importancia que los miembros de los equipos de desarrollo tengan suficiente preparación para enfrentar todo tipo de problemática y para que se facilite la comunicación entre clientes y desarrolladores.

Para que el proceso de desarrollo de los requisitos del cliente se realice de manera correcta y eficaz se hace necesaria la aplicación de un conjunto de técnicas, encaminadas a lograr el máximo acercamiento a las necesidades y problemáticas reales de los clientes.

#### 3.2.1.2.1- OBTENER REQUISITOS DEL CLIENTE

**Actividad 1:** Obtener necesidades.

**Responsable:** Analistas.

**Desarrollo:** A la hora de obtener las necesidades de un cliente que necesita un producto enmarcado en el campo de la Realidad Virtual el analista juega un papel decisivo; es necesario que comprenda todos los detalles del ambiente en el que se utilizará el producto final, también resultará útil que desarrolle un trabajo en cuanto a la educación de los clientes en términos de requisitos y que contribuya con su experiencia aportando ideas en cuanto a que es lo que realmente se necesita; en un proyecto de Realidad Virtual existen algunos requisitos que por su naturaleza muy pocas veces pueden ser identificados por el cliente, todo esto debe hacerlo sin afectar la libre determinación del cliente.

Muchas veces en los proyectos que se dedican a desarrollar simuladores para entrenamiento – evaluación, diseño y realización de entornos y animaciones 3D y herramientas para el desarrollo de software para Realidad Virtual, en el primer encuentro con el cliente, este presenta algún tipo de documento con la descripción de sus necesidades, en estos casos el primer acercamiento a las

necesidades del cliente se obtiene a partir de estos documentos. De otra manera se tiene que comenzar de inmediato con el proceso de interacción entre las dos partes, es decir, se tienen que realizar diferentes encuentros con el cliente para obtener las necesidades y expectativas de los mismos.

Hay múltiples maneras en las cuales el cliente y el analista pueden interactuar en el proceso de definición de las necesidades del cliente. Para estos tipos de proyectos se propone el uso de las siguientes técnicas para la realización del mencionado proceso:

Entrevistas: Cuando se quiere obtener requisitos para un sistema de RV se recomiendan las entrevistas en forma de discusiones, en las que se aborden temas específicos con la intención de lograr consensos en cuanto a las necesidades que se van identificando. A la hora de realizar una entrevista se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

- Preparar un marco para la entrevista (mediante un cuestionario).
- Confirmar detalles del entrevistado.
- Establecer la finalidad de la entrevista con el entrevistado.
- Organizar un lugar adecuado.
- Confirmar los detalles por escrito.

Para el desarrollo de una entrevista en el marco de un proyecto de Realidad Virtual tienen que participar al menos dos entrevistadores, uno para la conducción de la entrevista y el otro para la supervisión y para la toma de notas, con esto se lograría una mejor gestión del tiempo y un beneficio en la supervisión. Es necesario además el empleo tanto de preguntas abiertas como cerradas; las abiertas suelen comenzar por: “qué”, “por qué” y “cómo” y exigen una respuesta detallada por el entrevistado para descubrir sentimientos, opiniones y experiencias generales, o para explorar un proceso o problema. Este tipo de preguntas son siempre apropiadas, además que ayudan a entender la perspectiva del afectado y no están influenciadas por el conocimiento de la solución. Las preguntas cerradas poseen un intervalo específico de respuesta.

Tormentas de ideas: Se propone que a la hora de aplicar este tipo de técnica se realicen reuniones en las que participen grupos de trabajo tanto de la parte del cliente como de la del equipo de desarrollo, de esta manera existirán diferentes puntos de vista desde todas las perspectivas, contribuyendo a

enriquecer el monto de ideas que puedan surgir en dichas reuniones. Todos los planteamientos resultantes deben quedar reflejados en un documento para su posterior análisis.

El equipo en una tormenta de ideas debe estar formado por:

**Líder de proyecto:** es la figura principal y el encargado de dirigir la sesión. Debe ser un experto en pensamiento creador. Su función es formular claramente el problema y que todos se familiaricen con él. Cuando lo haga, debe estimular ideas y hacer que se rompa el hielo en el grupo. Es el encargado de que se cumplan las normas, no permitiendo las críticas. Debe permanecer callado e intervenir cuando se corte la afluencia de ideas, por lo que le será útil llevar ya un listado de ideas. Debe hacer que todos participen y den ideas. Además da por finalizada la sesión y clasificará posteriormente las ideas de la lista que le proporciona el analista.

**Analista:** registra por escrito las ideas según van surgiendo. Las enumera, las reproduce fielmente, las redacta y se asegura que todos estén de acuerdo con lo escrito. Por último realizará una lista de ideas.

**Participantes:** pueden ser habituales o invitados; cualquier involucrado en el proyecto entra en esta categoría. Su función es producir ideas. Conviene que entre ellos no halla diferencias jerárquicas.

El objetivo del uso de estas técnicas propuestas es definir las necesidades mientras se consigue un consenso y un nivel común de entendimiento. El cliente y el analista deben llegar al punto en el cual tengan un entendimiento común para satisfacer las necesidades del cliente.

Es conveniente que el analista valore la utilización de una o ambas técnicas de forma tal que pueda llevar a cabo una investigación amplia y exacta. El empleo de las técnicas propuestas anteriormente brinda al analista la seguridad de que la obtención de las necesidades del cliente se realizará siguiendo una secuencia de pasos predefinidos y estructurados de tal forma que teóricamente aseguran el éxito en dicha actividad.

En caso de que el proyecto se dedique al desarrollo de video-juegos de entretenimiento – aprendizaje, el proceso para obtener las necesidades del cliente se realiza de forma diferente. En algunas ocasiones, en el primer encuentro del analista con el cliente, este presenta una historia que describe lo que desea que ocurra en el juego. El analista y el guionista a partir de esta historia tienen que redactar

un guión de contenido. En caso de que el cliente no presente una historia se realiza una entrevista para obtener las características que este desea que tenga el juego, a partir de las cuales el analista y el guionista realizan el guión de contenido. En cualquiera de los dos casos este es presentado al cliente para verificar que es realmente lo que se quiere obtener, que no ha sido obviado ningún detalle y que dicho guión contiene todas las necesidades y expectativas del cliente. Este procedimiento se realizará empleando la técnica: tormenta de ideas, donde participarán el analista, el equipo de desarrollo, el guionista y el cliente, quedando elaborado un documento que recoja las nuevas ideas surgidas en esta actividad.

### Salidas:

- Informe de la entrevista.

| Esquema de entrevista.               |
|--------------------------------------|
| Nombre del entrevistado              |
| Nombre del entrevistador             |
| Fecha, hora y lugar de la entrevista |
| Preguntas realizadas                 |
| Respuestas                           |

- Documento Tormenta de Ideas.
- Guión de contenido.

**Actividad 2:** Definir los requisitos del cliente.

**Responsable:** Analistas.

**Desarrollo:** La meta de esta actividad es definir todos los requisitos del cliente, y asegurarse de que cada requisito es establecido sólo una vez y que no falta ninguno. También deben agregarse requisitos desde la experiencia del analista o de previas soluciones de sistemas predefinidos, pero sólo cuando estos requisitos han sido olvidados por el cliente.

En esta actividad, para el caso en que se desarrollen simuladores para entrenamiento – evaluación, diseño y realización de entornos y animaciones 3D y herramientas para el desarrollo de software para Realidad Virtual, el analista se encargará de estructurar los requisitos a partir de las necesidades del cliente obtenidas con anterioridad. Para realizar esta estructuración de los requisitos debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Cada requisito debe ser una declaración breve y definitiva de una necesidad.
- Asegurar la legibilidad de los requisitos, lo cual involucra palabras, frases y conceptos simples, de tal modo que se facilite el entendimiento.
- Los requisitos no deben estar basados en suposiciones no documentadas.
- No deben existir requisitos con restricciones innecesarias.
- En los requisitos no deben estar presentes decisiones de diseño ni de implementación.

Nota: Los requisitos del cliente tienen que quedar documentados en forma de párrafo.

En el caso que sea para proyectos que desarrollen video-juegos de entretenimiento – aprendizaje el guionista y el analista elaboraran un guión técnico a partir del guión de contenido y del documento Tormenta de Ideas.

A la hora de realizar tanto la redacción de los requisitos del cliente como el guión técnico se encontrarán términos confusos los que deberán quedar explicados en un glosario de término. Para ello se aplicará la siguiente técnica:

Glosario y ontologías: En un proyecto de Realidad Virtual es muy importante que se utilice esta técnica por la complejidad de la terminología del mundo de sistemas de este tipo. Es preciso que se consulten documentos realizados en proyectos anteriores y se realice un estudio sobre cuáles son los términos que podrían causar algún tipo de confusión tanto dentro de los integrantes del equipo de desarrollo como en la parte del cliente. Una vez identificados dichos términos, se procederá a realizar un glosario en el que aparecerán los términos y sus definiciones. De esta manera la documentación de los requisitos del cliente resultará de mejor comprensión para todos los involucrados en el proyecto.

**Salidas:**

- Glosario de Término.
- Documento que contenga los requisitos del cliente en un lenguaje natural.
- Guión técnico.



### 3.2.1.2.2 - OBTENER REQUISITOS DEL PRODUCTO

Al analizar los requisitos del cliente conjuntamente con el funcionamiento del producto al que están asociados, o a las restricciones que responden, surgen descripciones más detalladas y exactas, naciendo así los llamados requisitos del producto.

**Actividad 1:** Establecer los requisitos del producto.

**Responsable:** Analistas.

**Desarrollo:** Los requisitos del producto surgen a partir de los requisitos del cliente y son la expresión de estos requisitos en términos técnicos. En esta actividad los requisitos del producto tienen que establecerse quedando especificados por escrito, completos, correctos, necesarios, priorizables, sin conflictos, consistentes, no redundantes, entendibles, posibles de probar o verificar, posibles de hacerles cambios y tienen que recoger las expectativas y necesidades actuales y futuras de los clientes. Al establecer los requisitos del producto hay que clasificarlos en requisitos funcionales y requisitos no funcionales. El nivel de detalle en la descripción de estos requisitos debe ser el suficiente para poder efectuar un análisis de ellos y obtener un conocimiento aceptable sobre las funciones a implementar.

#### **Requisitos Funcionales**

De forma general los requisitos funcionales se derivan directamente de los requisitos del cliente obtenidos con anterioridad y son una representación de las funcionalidades del producto. En los proyectos que se desarrollen video-juegos de entretenimiento – aprendizaje los requisitos funcionales salen del análisis del guión técnico. En un proyecto de RV resulta especialmente complejo el proceso de definición de este tipo de requisito, el analista debe ser muy cuidadoso para que los requisitos obtenidos se correspondan con las funcionalidades que realmente el cliente espera tenga el producto final.

Existen requisitos funcionales que siempre están presentes a la hora de desarrollar un producto de Realidad Virtual entre ellos el sonido y el nivel de inmersión. A la hora de definir estos requisitos es necesario tener en cuenta las siguientes características:

Requisitos de tipos de sonidos.

Los requisitos funcionales de sonidos se refieren a que el sistema deberá ser capaz de presentar el audio en la forma deseada por el cliente. Los sonidos pueden ser grabados o sintetizados, la primera forma se refiere a que el cliente puede pedir que el sistema de audio del producto se realice mediante grabaciones de sonidos a partir de fuentes reales, y los sonidos sintetizados son aquellos que son obtenidos a partir de funciones matemáticas en un programa de computación.

Requisitos del nivel de inmersión deseado.

Los requisitos referidos a la inmersión deben establecer los niveles de inmersión que se requieren para el producto de Realidad Virtual. Un mundo virtual es un conjunto de objetos tridimensionales que representan objetos reales o imaginarios con los que se puede interactuar en cierto grado, provocando la sensación de ser reales. Este grado de interacción se lo conoce como nivel de inmersión y depende de la cantidad de sentidos que perciban sensaciones de esos mundos. Por ejemplo, en un determinado juego se debe percibir de qué dirección proviene un sonido y que tan lejos se originó.

A la hora de redactar los requisitos funcionales se deben enumerar por niveles, en forma de cascada, como se muestra en el siguiente ejemplo:

RF1. Seleccionar el tipo de auto.

RF1.1. El sistema debe permitir la selección de la marca de auto.

RF2. Seleccionar el color del auto.

RF2.1. El sistema debe permitir la selección del color del auto.

RF3. Singleplayer.

RF3.1. Comenzar un juego donde participe un solo jugador contra la máquina.

### **Requisitos no Funcionales**

Los requisitos de tipo no funcional tienen que estar relacionados con aspectos de tipo técnico como usabilidad, fiabilidad, eficiencia, soporte, restricciones de diseño e interfaz entre otras. A la hora de definir este tipo de requisitos para un producto de Realidad Virtual se deben tener en cuenta con especial atención los recursos de hardware y de software necesarios para la solución que se desea implementar, por ejemplo, en la mayoría de los casos es necesario generar ambientes tridimensionales que simulen situaciones reales. Para lograr estos tipos de efectos y representaciones, lógicamente se necesitan cuantiosos recursos tales como: tarjetas de video o aceleradoras de gráficos y adaptadores

de pantalla, así como procesadores con capacidades de cómputo suficientes para que el producto cumpla con las funcionalidades requeridas.

En la actualidad, la mayoría de los clientes que requieren productos de Realidad Virtual prefieren que los mismos cuenten con todo tipo de efectos, dígame de gráficos, de sonido, de video y de texto, por tal motivo se hace necesario que el sistema o los sistemas operativos que sean seleccionados tanto para desarrollar como para hacer los diferentes despliegues, cuenten con las herramientas necesarias para cumplir con este tipo de expectativa.

A continuación se muestran los requisitos no funcionales que no deben faltar en un producto de Realidad Virtual:

Restricciones en el diseño y la implementación:

Las restricciones representan decisiones de diseño e implementación que se han tomado y a las cuales es necesario adherirse. Ejemplo, lenguajes de programación a ser usados para la implementación, el uso obligatorio de ciertas herramientas de desarrollo, restricciones de arquitectura o el diseño, bibliotecas de clases, estándares requeridos, etc.

Requisitos de interfaz de hardware:

En muchos productos de Realidad Virtual se utilizan dispositivos de hardware especiales que permiten un mejor uso y aprovechamiento de dichos productos, tal es el caso de los llamados joysticks o palancas de mando, que son dispositivos de control que se utilizan tanto en juegos como en todo tipo de programas de simulación. Por esta situación se deben especificar las interfaces de comunicación con dichos componentes de hardware. Dentro de las interfaces de hardware para un producto de Realidad Virtual se deben identificar los tipos de tarjetas de sonido que el cliente desea para su producto, por ejemplo pudiera quedar satisfecho con las prestaciones de un tarjeta doméstica, o tal vez desea que su sistema de audio este respaldado con el uso de tarjetas de sonidos profesionales. En dependencia de las necesidades de audio además se deberá elegir la forma en la que se colocarán las bocinas en caso de ser necesarias, podría ser en forma individual o utilizando arreglos.

Requisitos de interfaz de software:

En proyectos de Realidad Virtual es muy común que se necesite comunicación con sistemas que se encargan del manejo y almacenamiento de la información, tales como sistemas gestores de bases de

datos.

Requisitos de interfaces de comunicación:

Las características de los productos de Realidad Virtual permiten que se puedan diseñar sistemas con componentes perfectamente reutilizables por otros productos, por tanto, a la hora de identificar los requisitos de las interfaces de comunicación entre los diferentes componentes del producto se debe tener presente el aspecto mencionado con anterioridad. Estos requisitos de interfaz de los componentes del producto deben desarrollarse de manera tal que logren darle al componente una elevada funcionalidad, evitando una excesiva interacción con los demás componentes y logrando de esta manera una independencia funcional entre los mismos. En el mundo del desarrollo de productos de Realidad Virtual es de especial importancia que se maneje la posibilidad de que los componentes estén constantemente sujetos a posibles cambios. Esto es así debido a los avances que manifiestan las diferentes tecnologías que son requeridas para el desarrollo de este tipo de producto. Es por ello que resulta vital realizar una identificación de requisitos de interfaz que permita un diseño lo suficientemente modular para poder facilitar dichos cambios bajo el menor costo posible desde el punto de vista de recursos necesarios. Al permitir un diseño modular efectivo se reduce la complejidad del producto y se produce como resultado una futura implementación más sencilla permitiendo el desarrollo paralelo de las diferentes partes del sistema.

A la hora de redactar los requisitos no funcionales estos tienen que quedar estructurados en forma de párrafo.

Para documentar los requisitos funcionales y no funcionales el analista tiene que aplicar la siguiente técnica:

Plantillas o patrones: Los analistas necesitan plantillas para estructurar los requisitos; al aplicar esta técnica se facilita y sobre todo se realiza de una forma ágil el desarrollo de los requisitos identificados.

### **Salidas:**

- Documento Especificación de requisitos.
  - ✓ Requisitos funcionales.
  - ✓ Requisitos no funcionales.

**Actividad 2:** Agrupar los requisitos por componentes o niveles del producto.

**Responsable:** Analistas.

**Desarrollo:** En esta actividad se agrupan los requisitos para definir los diferentes componentes del producto o niveles en el caso de que el producto resultante sea un juego. A cada componente o nivel del producto le corresponde una o varias funcionalidades que están relacionadas con los requisitos del cliente, es decir, cada componente o nivel del producto contendrá un conjunto de requisitos, los cuales dan cumplimiento a una o varias funcionalidades.

Generalmente un producto de Realidad Virtual se enmarca en la representación de abstracciones de procesos físicos que simulan algún tipo de actividad con un determinado fin, y nada mejor que presentar las funcionalidades de estos tipos de sistemas en forma de escenario. Para agrupar los requisitos, el analista debe crear un conjunto de escenarios que identifiquen una línea de utilización para el sistema que va a ser construido; para ello se propone que en los proyectos de Realidad Virtual se aplique los escenarios de tipo “Texto Procedural” que no es más que la descripción paso a paso de las acciones del usuario y las respuestas del sistema, es decir, una secuencia específica de acciones que ilustra el comportamiento de una funcionalidad. Al describir el escenario, se deben considerar los siguientes elementos:

- **Flujo Principal:** Describe una secuencia de acciones que serán ejecutadas considerando que nada errado acontecerá durante la ejecución de las acciones.
- **Flujos Alternativos:** Describen lo que ocurre cuando el usuario hace una elección alternativa, diferente de la descrita en el flujo principal, para alcanzar su objetivo.
- **Flujos de Excepción:** Corresponden a la descripción de las situaciones de excepción, cuando algo inesperado ocurre en la interacción con el sistema.
- **Condición Previa:** Define qué hipótesis son asumidas como verdaderas para que el escenario sea iniciado.
- **Condición Posterior:** Estado que el sistema alcanza luego de la última subfunción representada en el escenario.

Los escenarios son la mejor vía ya que facilitan una descripción de como el sistema se usará. Estos representan los requisitos funcionales del sistema y encierran la funcionalidad de los componentes o niveles. Para lograr que esta actividad se realice de manera correcta y lograr que los componentes o niveles del producto tengan funcionalidades que permitan un diseño modular efectivo, teniendo en

cuenta las restricciones en el diseño y la implementación, es necesario que el analista tenga la creatividad suficiente como para identificar cuáles son los requisitos que se pueden agrupar en un mismo escenario para formar los diferentes componentes o niveles del producto.

A la hora de agrupar los requisitos para establecer los componentes o niveles del producto también se deben tener en cuenta las restricciones de diseño e implementación que se impongan en el desarrollo del mismo.

### **Salidas:**

- Componentes del producto.
- Niveles del producto.

### 3.2.1.2.3- ANALIZAR Y VALIDAR REQUISITOS

Una vez conseguidos los requisitos, se pasa a la fase de análisis y validación. En esta, se hace un análisis de los requisitos obtenidos con el fin de comprenderlos, y a partir de ellos desarrollar una especificación de la aplicación que deberá ser completa y consistente. En este proceso se encontrarán habitualmente gran cantidad de problemas en los requisitos, requisitos contradictorios, y afirmaciones vagas e irrelevantes. Eso llevará al analista de vuelta a los usuarios con el fin de mejorar la calidad de los requisitos pero este debe abordarles sabiendo lo que quiere conseguir, qué aspectos de los requisitos obtenidos inicialmente le interesa aclarar y el porqué. Además se realiza el proceso de validación, con el propósito de aumentar la probabilidad de que el producto resultante llevará a cabo la forma prevista en el entorno de uso.

**Actividad 1:** Establecer conceptos operacionales y escenarios asociados.

**Responsable:** Analistas.

**Desarrollo:** Esta actividad exige el desarrollo de conceptos operacionales y escenarios para el producto y los componentes o niveles del producto verificando que no falte ningún requisito.

Los conceptos operacionales son la descripción general de la forma en que una entidad se utiliza o explota.

Los escenarios operacionales son la descripción de una secuencia de eventos que incluye la interacción del producto con su entorno y los usuarios, así como la interacción entre los componentes del producto. Los escenarios operacionales se utilizan para evaluar las necesidades y el diseño del sistema así como para su verificación y validación.

Para describir los conceptos operacionales el analista tiene que conocer muy bien el entorno en el que va a funcionar el producto, por lo tanto, tiene que ir a los lugares donde se hará el despliegue de los productos para ver sus características, incluyendo los límites y las restricciones del entorno en el cual operará.

El analista tiene que establecer escenarios, como una secuencia de eventos que pueden suceder durante el uso del sistema y que sirven para hacer explícitas las necesidades del cliente, y conceptos operacionales, que dependerán tanto de los escenarios como de las decisiones de diseño tomadas hasta el momento. Al establecer los escenarios pueden surgir nuevos requisitos que deberán ser tomados en cuenta.

**Salidas:**

- Concepto operacional para cada componente o nivel del producto.
- Escenarios asociados.

**Actividad 2:** Establecer definición de funcionalidades requeridas.

**Responsable:** Analistas.

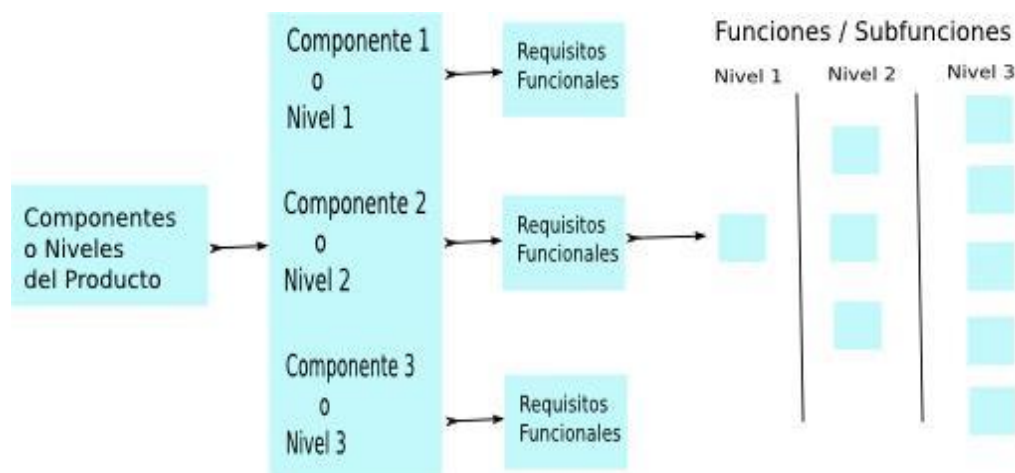
**Desarrollo:** Los requisitos funcionales especifican que es lo que el sistema debe hacer; constituyen la esencia misma del sistema, su misión y su funcionalidad fundamental. El objetivo fundamental de la actividad es facilitar y centrar el análisis de los requisitos basados en la funcionalidad que representan.

En esta actividad se tiene que hacer una descomposición de los requisitos de alto nivel en requisitos funcionales detallados. El objetivo es desglosar las funcionalidades de cada componente o nivel del producto en subfunciones con un mayor nivel de detalle, realizando un acercamiento al diseño del sistema y que cada requisito describa por si mismo los pasos para su implementación.

Para lograr los objetivos planteados anteriormente es conveniente el uso de diagramas de bloque para la representación de las funcionalidades presentes en el sistema.

El uso del diagrama de bloque facilita el análisis de los requisitos, permite tener una mejor visión de las funcionalidades a partir de la representación gráfica de las mismas y posibilita que en el proceso de análisis de los requisitos a partir de la funcionalidad que representan se identifiquen nuevas funcionalidades derivadas a partir de las ya identificadas.

El proceso comienza representando gráficamente cada componente o nivel del producto y los requisitos que presenta cada uno; luego se identifican las funcionalidades que representa cada requisito funcional (Figura 3.1). Una vez identificadas las funcionalidades cubiertas por los requisitos comienza la parte más importante del uso de este diagrama: el proceso de análisis de las funcionalidades representadas para cada componente o nivel del producto y la búsqueda de todo tipo de incoherencias; la representación debe cubrir todos los requisitos funcionales de los componentes o niveles del producto. El análisis de los requisitos se realiza desde el punto de vista de la funcionalidad, este se va analizando por niveles; en el nivel 1 la funcionalidad que representa el requisito original, en el 2 si al analizar las mismas surge alguna subfunción correspondiente a cada una de las funcionalidades y así sucesivamente para cada nivel inferior.



**FIGURA 3.1 Diagrama de bloques**

**Salidas:**

- Diagramas de bloque.



**Actividad 3:** Analizar requisitos.

**Responsable:** Analistas.

**Desarrollo:** El análisis de los requisitos se realiza con el objetivo de comprobar los tres principales atributos de calidad de los requisitos: corrección (carencia de ambigüedad), coherencia (especificación completa y clara del problema) y consistencia o exactitud de los requisitos (que no haya requisitos contradictorios).

Para el análisis de los requisitos se tienen que hacer las siguientes preguntas, en caso de no cumplir con alguna se modifica el requisito:

- ¿Está el requisito claramente definido? ¿Puede interpretarse mal?
- ¿Está identificado el origen del requisito?
- ¿El planteamiento final del requisito ha sido contrastado con la fuente original?
- ¿El requisito está delimitado en términos cuantitativos?
- ¿El requisito incumple alguna restricción definida?
- ¿El requisito es verificable? Si es así, ¿podemos efectuar pruebas (algunas veces llamadas criterios de validación) para verificar el requisito?
- ¿Se puede seguir el requisito en el modelo del sistema que hemos desarrollado?
- ¿Se puede localizar el requisito en el conjunto de objetivos del sistema/producto?
- ¿Está el requisito asociado con los rendimientos del sistema o con su comportamiento y han sido establecidas claramente sus características operacionales?
- ¿El requisito está implícitamente definido?

Dentro del análisis de los requisitos, se debe tener en cuenta si es posible la implementación de todos los requisitos en una primera iteración del producto, de no ser así se tienen que priorizar los mismos.

En un proyecto de Realidad Virtual es indispensable que se prioricen los requisitos pues en muchos casos las fechas ajustadas para la entrega del producto pueden impedir la realización de todos los requisitos del software; en esas situaciones el equipo de desarrollo debe identificar los requisitos que cubran las funcionalidades que el cliente espera en el producto para un plazo determinado. Esta es una actividad que debe realizarse sobre la base del impacto que tiene cada requisito en el sistema, para ello se debe aplicar la técnica: Asignación Numérica.

Al poner en práctica la técnica Asignación Numérica se parte de la lista existente de requisitos donde participan varias personas tanto por parte de los desarrolladores como de los clientes. Utilizando esta técnica de asignación de valores sobre cada uno de los requisitos, cada persona tendrá un valor numérico más el valor cognitivo correspondiente para cada uno de los requisitos de un conjunto de ellos. Para cada requisito se determina un valor final, el cual es la media de los valores finales asignados por cada participante a ese requisito.

Para que un participante asigne un valor a un requisito se consideran tres variables:

- Conocimiento del participante sobre el requisito.
- Categorización del participante.
- Valor asignado por el participante.

Conocimiento del participante sobre un requisito: lo separamos en 4 niveles (sin conocimiento [1-2], poco conocimiento [3-5], conocimiento suficiente [6-8], y experto [9]); donde cada nivel tendrá el peso asignado.

Categorización del participante: considera la jerarquía de los participantes; una asignación válida de peso estará dada por un peso diferente para cada nivel. Se tendrá en cuenta a la hora de asignar el peso la importancia del criterio de esa persona. El líder del proyecto será el encargado de asignar estos valores teniendo en cuenta, por ejemplo que al cliente se le debe dar un valor elevado ya que se trabaja por lograr sus necesidades y expectativas, al resto de los participantes se le dará el valor según la jerarquía dentro del proyecto.

Valor asignado por el participante: es un valor entero, que pertenece al conjunto  $\{-9, -8, \dots, -1, 0, 1, \dots, 9\}$ . Cuando el valor es negativo significa que la implementación de dicho requisito influye de manera negativa en la implementación del sistema, es decir, la implementación del mismo retrasará la entrega del producto.

Ninguno de los participantes puede ver los valores de preferencias asignados por los otros participantes, solo tiene acceso a toda la información el analista, el cual será el encargado de recopilar los resultados y definir los requisitos a priorizar a partir de los mismos.

Se debe considerar la existencia de participantes que por diferentes razones, para algunos requisitos no debieran definir sus prioridades. Si bien los participantes serán parte del proceso de definir prioridades, no necesariamente realizarán esta tarea para todos los requisitos candidatos a priorizar.

### Ejemplo

Se tiene el caso de 4 participantes (p1, p2, p3, p4), cada uno define el orden de prioridad del mismo conjunto de requisitos req1, req2,....., reqn según su preferencia. De acuerdo a las características cognitivas mencionadas se le asigna un peso cognitivo. El participante p1 entró al proyecto realizando funciones que tienen que ver con el req2, lo cual hace crear un cierto temor y dudas en la persona, y un claro rechazo a dicho requerimiento.

En este ejemplo se pueden ver los valores finales de dos requisitos (req1 y req2).

| Requerimiento | Participante | Valor<br>Prioridad | Categoría | Conocimiento | (PC) Peso<br>Cognitivo | (VF) Valor<br>Final |
|---------------|--------------|--------------------|-----------|--------------|------------------------|---------------------|
| Req1          | P1           | 6                  | 2         | 1            | 9                      | 39/4= 9,75          |
|               | P2           | 7                  | 1         | 3            | 11                     |                     |
|               | P3           | 8                  | 2         | 3            | 13                     |                     |
|               | P4           | -6                 | 3         | 9            | 6                      |                     |
| Req2          | P2           | -1                 | 1         | 9            | 9                      | 21/2= 10,5          |
|               | P3           | 7                  | 2         | 3            | 12                     |                     |

**FIGURA 3.2: Resultados del ejemplo al aplicar asignación numérica**

Al finalizar este procedimiento se puede decir que se prioriza el Req2.

En resumen la utilización de esta técnica permitirá encontrar los requisitos a priorizar dentro del proyecto según los diferentes valores asignados, realizando una lista ordenada de mayor a menor al obtener el valor final de cada requisito. En caso de que más de un requisito tenga el mismo valor, estos son analizados por el grupo de participantes y se decidirá cual es el de máxima prioridad. Los requisitos se priorizan según el orden de la lista.

**Salidas:**

- Requisitos priorizados.
- Documento Especificación de Requisitos actualizado.

**Actividad 4:** Analizar los requisitos para ver su alcance.

**Responsable:** Analistas.

**Desarrollo:** Cuando se analizan los requisitos para ver su alcance se equilibran las necesidades de los interesados con sus limitaciones. Las necesidades de los interesados pueden hacer frente a limitaciones de gastos, de programación así como de rendimiento o de funcionalidad. Por tanto, el analista del sistema debe jugar con estos factores a la hora de hacer el análisis de los requisitos.

Para la realización de esta actividad el analista tiene que reunirse con el líder del proyecto el cual conoce los recursos con los que se cuenta para la realización del producto, los programadores encargados de implementar los requisitos y el cliente. En esta reunión se analizará cada requisito para llegar a un acuerdo de que es factible llevar a cabo su implementación teniendo en cuenta lo que significa para el sistema y los recursos necesarios. En caso de que no sea posible implementarlo se valora la posibilidad de cambiarlo sin desviarse del propósito, teniendo en cuenta las necesidades y expectativas del cliente, o eliminarlo contando para esto con la aprobación del cliente.

**Salidas:**

- Documento Especificación de Requisitos actualizado.

**Actividad 5:** Validar los requisitos.

**Responsable:** Analistas.

**Desarrollo:** Esta actividad se realiza para garantizar que el producto resultante se llevará a cabo de la forma prevista en el entorno del usuario, es decir, si los requisitos corresponden realmente con las necesidades del cliente. Además se verifica que el documento Especificación de Requisitos está realizado de forma correcta.

La validación representa un punto de control interno y externo; interno, porque se debe verificar internamente lo que se está haciendo, y externo, porque se debe validar con el cliente.

Para la validación de los requisitos en los proyectos de Realidad Virtual se tiene que aplicar la técnica de prototipos. Los prototipos son simulaciones del posible producto, que luego son utilizados por el usuario final, permitiendo conseguir una importante retroalimentación en cuanto a si el sistema diseñado en base a los requisitos recolectados le permite al usuario realizar su trabajo de manera eficiente y efectiva.

Una vez construido el prototipo, por el equipo de desarrollo, el analista se reunirá con el cliente para realizar la presentación del mismo. El cliente dará una aceptación del prototipo si este cumple con las necesidades y expectativas esperadas, quedando así validados los requisitos establecidos. En caso que el prototipo no cumpla con todas sus necesidades y expectativas se confeccionará una tabla de no conformidades.

Durante el proceso de validación de los requisitos se revisará el documento de especificación de requisitos mediante la utilización de una lista de chequeo. Esta es muy fácil de utilizar y reduce las posibilidades de pasar por alto alguna verificación importante. En general es una lista de preguntas que el analista debe usar para evaluar la documentación.

Los analistas deben verificar y marcar los puntos de esta lista mientras leen el documento de Especificación de Requisitos. Cuando se descubren problemas potenciales, deben ser anotados para que sean corregidos.

### Salidas:

- Prototipo.
- Errores de la documentación.
- Tabla de no conformidades.

| No | Requisito | No conformidad |
|----|-----------|----------------|
|    |           |                |
|    |           |                |

**TABLA 3.1 Tabla de no conformidades**

### 3.2.1.3- ARTEFACTOS

- **Glosario de Término:** Es una lista de términos ordenados alfabéticamente donde se explica su significado. En esta lista se incluyen y definen todos los términos que requieren explicación, mejorando así la comunicación intergrupala y la comunicación con el cliente, y mitigando el riesgo de malos entendidos. Los términos que se incluyen provienen de todas las áreas del proyecto.
- **Documento de Especificación de Requisitos:** El objetivo del documento es el de especificar los requisitos del sistema, o sea "qué" debe hacer el sistema. Solamente se incluyen los requisitos del producto. Estos requisitos los podemos clasificar en dos grandes categorías, los no-funcionales y los funcionales.

### 3.2.2- GESTIÓN DE REQUISITOS

#### 3.2.2.1- OBJETIVO PRINCIPAL

Asegurar que los requisitos están libres de inconsistencias. Gestionar requisitos funcionales y no funcionales generados por el cliente o por las propias necesidades del producto. Incluir actividades de revisión, documentación y gestión de cambios.

#### 3.2.2.2- ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Parte de la gestión de los requisitos es documentar las necesidades, la razón de los cambios de los requisitos y mantener la trazabilidad bidireccional entre la fuente y los requisitos del producto y componentes del producto. Con el fin de mantener la coherencia en los cambios de los requisitos se supervisan los productos del trabajo y los requisitos; cuando se encuentran inconsistencias, se definen y se adoptan medidas correctoras.

##### 3.2.2.2.1- GESTIONAR LOS REQUISITOS

**Actividad 1:** Lograr que los requisitos sean comprendidos por todos los involucrados obteniendo un compromiso para la realización de los mismos.

**Responsable:** Analista Principal.

**Desarrollo:** Para realizar una correcta gestión de requisitos debe lograrse alcanzar un profundo entendimiento de los mismos. En esta actividad, el analista principal buscará la mejor manera de comunicar los requisitos a todos los individuos que necesiten entenderlos para establecer así un acuerdo entre todos los involucrados y que los responsables de su implementación estén dispuestos a llevarlos a la práctica. Esta interacción se pondrá en práctica mediante reuniones de grupos.

Para lograr que los requisitos sean comprendidos por todos los involucrados es recomendable presentar en la reunión diferentes formas de descripción; una sola no siempre es conveniente porque el cliente y el equipo de desarrollo usualmente tienen diferentes culturas y lenguajes por lo que hay que hacer un documento que contenga una descripción narrativa para el cliente y un documento con una descripción más técnica para el equipo de desarrollo.

**Salidas:**

- Documento con la descripción de los requisitos en un lenguaje entendible para el cliente.
- Documento con la descripción de los requisitos en una forma más técnica para el equipo de desarrollo.

**Actividad 2:** Gestionar los cambios en los requisitos.

**Responsable:** Analistas.

**Desarrollo:** A medida que los requisitos evolucionan durante el proyecto estos pueden sufrir cambios por diferentes razones, las más frecuentes son:

- Porque al analizar el problema, no se hacen las preguntas correctas a las personas correctas.
- Porque cambió el problema que se estaba resolviendo.
- Porque los usuarios cambiaron su forma de pensar o sus percepciones.
- Porque cambió el ambiente del negocio.
- Porque cambió el mercado en el cual se desenvuelve el negocio.

Realizar cambios a los requisitos involucra modificar el tiempo en el que se va a implementar una característica en particular, modificación que a la vez puede tener impacto en otros requisitos. Por esto, la gestión de cambios involucra actividades como son: establecer políticas, guardar históricos de cada requisito, identificar dependencias entre ellos y mantener un control de versiones. Tener

versiones de los requisitos es tan importante como tener versiones del código, ya que evita tener requisitos emparchados en un proyecto para lo que se recomienda utilizar la herramienta RequisitePro.

Al producirse algún problema de los antes mencionados, el analista tiene que evaluar el impacto que produciría realizar el cambio o la creación de un nuevo requisito considerando factores claves como tiempo y esfuerzo. Se confecciona un documento donde se recoge la valoración del impacto y el compromiso de los integrantes del proyecto para desarrollar el requisito. En caso de aprobarse el cambio se tiene que documentar el mismo. Se propone el siguiente formato para recoger los cambios de los requisitos, este será usado cuando el cambio altere el alcance del proyecto.

| <b>PLANTILLA DE GESTIÓN DE CAMBIO</b>            |                                 |               |
|--|---------------------------------|---------------|
| <b>PROYECTO:</b> <i>nombre del proyecto</i>      | <b>FECHA:</b> <i>dd/mm/aaaa</i> |               |
| <b>DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO</b>                    |                                 |               |
| <i>Requisito impactado:</i>                      |                                 |               |
| <i>Descripción del cambio:</i>                   |                                 |               |
| <i>Componente o nivel del producto afectado:</i> |                                 |               |
| <i>Consecuencias o riesgos:</i>                  |                                 |               |
| <i>Requerido por:</i>                            | <i>Nombre:</i>                  | <i>Firma:</i> |

**TABLA 3.2 Plantilla de Gestión de cambios**

**Salidas:**

- Copias de los requisitos antes de ser modificados.
- Nuevos requisitos.
- Plantillas de gestión de cambios.

**Actividad 3:** Mantener trazabilidad bidireccional de los requisitos.

**Responsable:** Analista Principal.

**Desarrollo:** La trazabilidad de requisitos se define como la habilidad para describir y seguir la vida de un requisito en ambos sentidos, hacia sus orígenes o hacia su implementación y prueba, a través de todas las especificaciones generadas durante el proceso de desarrollo de software. La trazabilidad de requisitos es clave para conseguir una exitosa gestión de los mismos. Permite conocer qué elementos



se ven afectados cuando ocurre un cambio en algún otro que tenga relación con el primero, o sea, cuando algún requisito o cualquier otro elemento traceable es modificado, todas las relaciones asociadas a ese requisito se convierten en “sospechosas”, en ese caso se deben revisar los cambios y determinar si los elementos asociados deben ser cambiados también.

La intención de esta actividad es mantener una trazabilidad bidireccional de las necesidades de cada nivel de descomposición del producto. Dicha trazabilidad bidireccional ayuda a determinar la fuente de que todos los requisitos han sido totalmente dirigidos y garantiza que la fuente de las necesidades de más bajo nivel (derivados) esté documentada. Para verificar que los requisitos estén dirigidos se propone la técnica de validación de requisitos Matrices de Trazabilidad.

Con la aplicación de esta técnica se observa que objetivo cubre cada requisito, de esta forma se podrán detectar inconsistencias u objetivos no cubiertos.

|       | Obj. 1 | Obj. 2 | .... | Obj. n |
|-------|--------|--------|------|--------|
| RF1   | •      |        |      |        |
| RF2   |        | •      |      |        |
| ....  |        |        |      |        |
| RF n  |        | •      |      |        |
| ....  |        |        |      |        |
| RNF 1 | •      |        |      |        |
| ....  |        |        |      |        |

**TABLA 3.3 Matriz de trazabilidad**

**Salidas:**

- Matriz de trazabilidad de requisitos.

**Actividad 4:** Identificar inconsistencias entre los productos del trabajo y los requisitos.

**Responsable:** Analista principal, Equipo de calidad interno del proyecto.

**Desarrollo:** En esta actividad se tienen que examinar una vez más los requisitos con el objetivo de verificar que existan consistencias entre el objetivo del proyecto y los requisitos identificados.

Una vez concluida la implementación de un componente o nivel del producto se debe verificar que el resultado obtenido esté en correspondencia con los requisitos identificados para el mismo, es decir, que el producto resultante hasta el momento cumple cabalmente lo establecido y que esté en correspondencia con las necesidades y expectativas del cliente. Para verificar que se correspondan los requisitos con el resultado se deben realizar pruebas al producto obtenido.

En el caso de que exista algún tipo de inconsistencias se debe identificar el origen de la misma y exponer una forma para solucionarla. Se elabora un documento que contenga estas inconsistencias y las acciones para corregirlas.

**Salidas:**

- Documento de inconsistencias y acciones de corrección.

### 3.2.2.3- ARTEFACTOS

- Plan de gestión de requisito: El objetivo del documento es mantener documentada la trazabilidad y la gestión de cambios de los requisitos del sistema.

### 3.3- VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

La propuesta de estrategia para el desarrollo y gestión de requisitos en los proyectos de Realidad Virtual fue validada por el método de criterios a especialistas. Para la realización de esta validación se conformó una serie de preguntas en las cuales los especialistas dieron su criterio y recomendaciones para su mejora. Las preguntas para realizar la validación fueron las siguientes:

1. ¿Cree que exista un correcto desarrollo de las actividades propuestas?
2. ¿Cree que son suficientes las técnicas que se plantean en la estrategia?
3. ¿Cree que son suficientes los artefactos que se obtienen para el desarrollo y gestión de requisitos?
4. ¿Cree que los roles propuestos son los indicados para realizar cada actividad?

### Especialista # 1:

M.Cs Karina Pérez Terruel

Especialista en calidad de software.

Las actividades propuestas se desarrollan ampliamente y en la mayor parte de los casos se adaptan, mediante la propuesta de técnicas específicas, a las necesidades de los proyectos de Realidad Virtual, siendo estas técnicas suficientes. Además en muchas se aportan ejemplos y plantillas de los productos de trabajo a obtener.

Se ha logrado por parte de las autoras un adecuado entendimiento de las áreas de procesos de CMMI y adaptación al tipo de proyecto específico que las ocupa.

Los artefactos propuestos son suficientes. En la mayoría de los casos se plantea adecuadamente los roles que deben intervenir; solo señalar que en la actividad Identificar inconsistencias entre los productos de trabajo y los requisitos se podría considerar la incorporación del equipo de calidad interna del proyecto para las pruebas o algún rol específico definido que se ocupe de las pruebas.

### Especialista # 2:

M.Cs. Moisés Herrera Vázquez.

Especialista Superior en Automatización

Empresa de Automatización Integral CEDAI.

Email: [moises@cedaivc.co.cu](mailto:moises@cedaivc.co.cu)

Las actividades propuestas en la estrategia se ajustan a las metodologías y estándares más utilizados en la actualidad y están bien desarrolladas y adaptadas a los proyectos de Realidad Virtual.

Para llevar a cabo el levantamiento de requisitos el procedimiento propuesto está bien organizado y contiene ejemplos que clarifican su utilización. Se considera que las técnicas sugeridas en la estrategia permitirán realizar un levantamiento de requisitos de manera eficaz y favorecerán elevar la calidad de producto final.

Los artefactos propuestos se adecuan a las necesidades de los proyectos analizados, se consideran abarcadores y suficientes. Sólo se sugiere que en la “Planilla de Gestión de Cambio” se indique qué módulos o componentes del software son impactados con el cambio, esto facilitará los seguimientos de las propuestas de cambios.

Consideramos que los responsables de la confección y validación de los artefactos propuestos están cubiertos por roles bien definidos y correctamente asignados.

### Especialista # 3:

Ing. Irina Elena Argota Vega

Graduada con Título de Oro en Ingeniero en Ciencias Informáticas en el 2007.

Centro de Trabajo: Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI).

Categoría: Adiestrada

Labor que realiza: Profesor.

Sello Forjador del Futuro en el año 2008.

Email: [jargota@uci.cu](mailto:jargota@uci.cu)

Rol que desempeña: Analista

La estrategia tiene un buen desarrollo de las actividades propuestas ya que se logra trazar una estrategia para el desarrollo y gestión de requisitos en los proyectos productivos de Realidad Virtual pues está enfocada correctamente en el estándar CMMI v1.2 como modelo de calidad del software que clasifica estos proyectos por niveles de madurez.

La estrategia planteada concreta un trabajo exhaustivo, mostrándose que se estudió a profundidad bibliografías que aportaron el desarrollo de la misma, posibilitando la muestra de técnicas y procedimientos que garantizan la comunicación entre clientes y desarrolladores, en términos de los requisitos que se necesitan y el entendimiento de los mismos para una mejor calidad del producto final.

Los artefactos propuestos si son suficientes a las necesidades de los proyectos productivos, aunque se podría tener en cuenta que en la “Planilla de Gestión de Cambio” se podría tener en cuenta el Impacto que tiene para el proyecto el cambio de requisitos, o sea que parte del proyecto afecta en términos de módulos del proyecto.

Los roles, si están acordes a la actividad que se realiza, destacando la labor del analista como principal actor en la gestión de requisitos.

### Especialista # 4:

Ing. Lázaro Abreu Reche

Centro de Trabajo: Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI)

Categoría: Adiestrado

Labor que realiza: Profesor

Email: [labreu@uci.cu](mailto:labreu@uci.cu)

Rol que desempeña: Analista y Programador

Las actividades propuestas se ajustan a las necesidades de la gestión de los proyectos de Realidad Virtual, cumpliendo además con las metodologías utilizadas en el desarrollo de proyectos de software de este tipo. Se plantean además de forma muy clara y consecuente con ejemplos que facilitan su aplicación dentro del área productiva.

Las técnicas planteadas están muy bien elaboradas y con sus objetivos bien claros, de ser aplicadas harían que se agilizará el proceso de levantamiento de los requisitos para los proyectos de este tipo y además garantizan la calidad del resultado de este proceso que es la base para un correcto desarrollo de las demás etapas del proyecto y la vía de obtener un producto final que cumpla con todas las necesidades del cliente.

Los artefactos propuestos en el proceso están bien ajustados a las necesidades de este tipo de proyecto, brindando toda la información necesaria y quedando garantizado un seguimiento del proceso en cada momento.

Se hace una clara definición de los roles, además se definen muy bien las actividades a desempeñar por cada uno, estando muy bien distribuidas, esto garantiza la efectividad del proceso y lo facilita en gran medida.

### Especialista # 5:

Ing. Lenna Carballo Muñoz

Centro de Trabajo: Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI)

Categoría: Adiestrada

Labor que realiza: Profesora de Ingeniería de Software

Email: [lcarballo@uci.cu](mailto:lcarballo@uci.cu)

Existe un correcto desarrollo de las actividades. La explicación que se le da a cada una de ellas tiene un alto nivel de detalle, por lo que será de mucha utilidad para los proyectos de la Facultad 5.

Las técnicas que se plantean en la estrategia son muy necesarias e importantes para los proyectos de la Facultad 5; son suficientes aunque siempre pueden existir otras vías para resolver estos problemas.

Los artefactos que se obtienen para el desarrollo y gestión de requisitos son suficientes.

Los roles propuesto son los indicados para realizar cada una de las actividades.

### Especialista # 6:

Ing. Ludisley la Torre Hernández

Graduada con Título de Oro en Ingeniero en Ciencias Informáticas en el 2007.

Centro de Trabajo: Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI).

Categoría: Adiestrada

Labor que realiza: Profesor.

Sello Forjador del Futuro en el año 2008.

Email: [llatorre@uci.cu](mailto:llatorre@uci.cu)

Rol que desempeña: Analista

Existe un correcto desarrollo de las actividades propuestas; se ajustan en cada uno de los casos a los modelos y estándares de calidad que actualmente rigen el mercado de software. Las actividades enumeran los pasos a seguir para llevar a cabo una adecuada estrategia para el desarrollo y gestión de los requisitos en los proyectos de Realidad Virtual.

Para llevar a cabo un correcto análisis y validación de los requisitos el procedimiento propuesto organizado en cinco actividades está correctamente desarrollado:

- Se establecen los conceptos operacionales y escenarios asociados de manera que no falte ningún requisito y todos sean documentados correctamente.
- Se definen las funcionalidades requeridas por el sistema, utilizándose diagramas de bloque para representarlas.
- Se analizan los requisitos para controlar y analizar su alcance. Finalmente quedan validados los requerimientos del sistema con el objetivo de comenzar el desarrollo de un prototipo que cumpla con las expectativas del cliente.

Los artefactos propuestos son suficientes y responden a las necesidades de los proyectos de Realidad Virtual.

Considero que los roles son consecuentes con las actividades propuestas y cubren adecuadamente las responsabilidades de desarrollo y gestión de los requisitos de los proyectos de Realidad Virtual.

### Especialista # 7:

Ing. Ana Silvia Tellería Martínez.

Ingeniera en Ciencias Informáticas.

Egresada en el 2007

Profesora de la Universidad de las Ciencias Informáticas

Email: [atelleria@uci.cu](mailto:atelleria@uci.cu)

Rol que desempeña: Analista y Programadora

Las actividades propuestas se desarrollaron correctamente. Se realizaron investigaciones y análisis satisfactorios teniendo en cuenta tanto las metodologías y avances internacionales en la temática, como las características endógenas al campo de acción.

Las técnicas planteadas en la estrategia son útiles y esclarecedoras. Contribuirán a la correcta organización de los procesos de captura de requerimientos, así como a los relacionados con su gestión y seguimiento en los proyectos de Realidad Virtual de la Facultad 5. No obstante, se sugiere no tomar la estrategia como lineamientos inamovibles, sino valorar en la práctica su evolución continua.

Los artefactos que se obtienen para el desarrollo y gestión de los requisitos en los proyectos de Realidad Virtual son satisfactorios. Se recomienda que tras la puesta en práctica de la estrategia

propuesta, se valoren sus resultados así como la inclusión de nuevos artefactos o modificación y ajuste de los existentes, de acuerdo a las nuevas especificidades que se identifiquen.

Para la realización de cada actividad se definieron y seleccionaron los roles adecuados. Adicionalmente se sugiere valorar la inclusión de expertos en comunicación social como asesores, en los equipos multidisciplinarios encargados del desarrollo de las distintas actividades propuestas que conlleven a una comunicación directa con el cliente y/o los usuarios finales.



### CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo dan cumplimiento al principal objetivo del mismo que ha sido establecer una estrategia para el desarrollo y gestión de requisitos para proyectos de Realidad Virtual.

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

Se realizó un estudio minucioso sobre las áreas de procesos Desarrollo de Requisitos y Gestión de Requisitos de CMMI v1.2 que permitió lograr un dominio total del tema.

Se analizó la situación actual de los proyectos de Realidad Virtual de la Facultad 5 en cuanto a la aplicación de las áreas de procesos antes mencionadas, encontrándose deficiencias en los procesos de desarrollo y gestión de requisitos. Entre las deficiencias podemos mencionar el poco tiempo dedicado a los procesos de desarrollo y gestión de requisitos, la no realización del proceso de análisis y validación de los requisitos, la baja calidad de la documentación referente al tema y que no se gestionan correctamente los requisitos.

Se logró desarrollar una estrategia para el desarrollo y gestión de requisitos en los proyectos de Realidad Virtual de la Facultad 5 obteniéndose las actividades y los pasos necesarios para realizar eficientemente estos procesos. En el caso del desarrollo de los requisitos los pasos serían la obtención de los requisitos del cliente y luego los del producto. Una vez obtenidos éstos se realiza el análisis y validación de los mismos. Para la gestión de los requisitos las actividades fundamentales son mantener la trazabilidad bidireccional de los requisitos así como gestionar todos los cambios realizados a los requisitos.

Se estableció como rol fundamental para llevar a cabo cada una de las actividades propuestas los analistas, garantizándose así que los procesos se realicen de manera efectiva y estandarizada.

Se propusieron los artefactos: Documento Especificación de Requisitos y Glosario de Términos para el desarrollo de requisitos y el Documento Plan de Gestión de Requisitos para la gestión de los mismos los cuales son necesarios en los procesos de desarrollo y gestión de requisitos en los proyectos de Realidad Virtual.

### RECOMENDACIONES

- Poner en práctica la estrategia en los proyectos de Realidad Virtual que se inicien.
- Hacer un estudio más profundo de las diferentes herramientas que se utilizan en los procesos de desarrollo y gestión de requisito para ampliar la estrategia.
- Ampliar esta propuesta con el estudio y aplicación de otras áreas de procesos de CMMI relacionadas con los temas de Ingeniería de Requisitos.

### REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. ISO 9000:2000, *Organización Internacional de Normalización*. 2000.
2. IEEE Computer Society, Software Engineering Standards Committee. *IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications*. 25 de June de 1998.
3. Institute Software Engineering. *CMMI for Development, Version 1.2*. August 2006. PA 15213-3890.
4. Dorfman, Merlin and Thayer, Richard H. *Standards, Guidelines, and Examples of System and Software Requirements Engineering*. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press. 1990.
5. Larman, Craig. *UML y Patrones. Introducción al análisis y diseño orientado a objetos*. Prentice Hall Hispanoamericana. 1999.
6. Young, Ralph R. *The Requirements Engineering Handbook*. Norwood ARTECH. 1990.
7. IEEE-STD-830-1998: *Especificaciones de los Requisitos del Software*. 1998.
8. ISO 9001:2000. *Organización Internacional de Normalización*. 2000.
9. Jacobson, I, Booch, G. and Rumbaugh, J. “*El Proceso Unificado de Desarrollo de software*”. Addison-Wesley. 2000. pp. Prólogo, Capítulos 1-5, Apéndice A. Visión General de UML, Apéndice B. Páginas 3-104, 407-424.
10. Microsoft. “Microsoft Class Server. Plataforma de Gestión de Aprendizaje”. [Online] [Cited: 06 26, 2005.] [http://www.microsoft.com/spain/educacion/class\\_server/default.aspx](http://www.microsoft.com/spain/educacion/class_server/default.aspx).
11. Canós, José H., Letelier, Patricio and Penadés, M<sup>a</sup> Carmen. *Metodologías Ágiles en el Desarrollo de Software*. 2004.
12. Díez, A. *IRqA y el desarrollo de proyectos: Experiencias Prácticas*. I Jornadas de Ingeniería de Requisitos Aplicadas. Spain : s.n., 2001.
13. Durán, A., et al. *A Requirements Elicitation Approach Based in Templates and Patterns*. Workshop de Engenharia de Requisitos. Buenos Aires, Argentina : s.n., 1999.
14. Pan, D., Zhu, D. and Johnson, K. *Requirements Engineering Techniques*. Internal Report. University of Calgary. Department of Computer Science. Canada : s.n., 2001.
15. *Developing Object Oriented Software*. 1997.
16. Raghavan, S., Zelesnik and Ford, G. *Lectures Notes of Requirements Elicitation*. Educational Materials. 1994. CMU/SEI-94-EM-10.
17. Jacobson, I. *Modeling with use cases-Formalizing use-case modelling*. *Journal of Object-Oriented Programming*. 1995. .
18. Liu, L. and Yu, E. *From Requirements to Architectural Design using Goals and Scenarios* *Proceedings of the 6th Micon Workshop*. Canada : s.n., 2001.

19. Vilain, P., Schwabe, D. and Sieckenius, C. *Diagrammatic Tool for Representing User Interaction in UML. Lecture Notes in Computer Science. [ed.] Proc. UML'2000.* York, England : s.n., 2000.
20. Insfrán, E., Pastor, O. and Wieringa, R. *Requirements Engineering-Based Conceptual Modeling. Requirements Engineering Journal.* Vol 7 (1). 2002.
21. *UML. Unified Modeling Language .* 2001.
22. Koch, N. *Software Engineering for Adaptive Hypermedia Applications.* Munich. Germany : s.n., 2001. .
23. Escalona, M.J., Torres, J. and Mejías, M. *Requirements capture workflow in Global Information Systems.* Montpellier, France : s.n., 2002.
24. Weidenhaupt, K., et al. *Scenarios in Systems Development: Current Practice.* 1999. Vol. Vol. IEEE Software. 2.
25. Lowe, D. and Hall, W. and the Web. *An Engineering approach.* John Wiley & Son. 1999.
26. Kruchten, P. *The Rational Unified Process.* Addison Wesley. 1998.
27. Peña, R. *Diseño de programas. Formalismo y abstracción.* Prentice Hall. 1998. .
28. Olsina, L. *Metodología cualitativa para la evaluación y comparación de la calidad de sitios web.* 1999.
29. Mcdonald, Bárbara A. *Definición de Perfiles en Herramientas. Facultad de Informática. Universidad Politécnica de Madrid.* 2005.
30. *Principales Roles para Equipos de Desarrollo de Software v 0.3.*
31. Sherman, W.R. and B., Craig. A. *Understanding Virtual Reality. Education and Information Technologies, Official Journal of the IFIP Technical Committee on Education.* San Francisco : s.n., 2003.
32. [Online] [Cited: 03 10, 2008.] <http://www.ucm.es/info/multidoc/multidoc/revista/num8/hilera-ton.htm>.
33. V, Marcelo Jenkins. *Comparación de las Iniciativas Latinoamericanas para Mejorar la Industria del Software.* [Online] [Cited: 11 09, 2007.] [http://www.informaticahabana.com/evento\\_virtual/files/Presentacion\\_INFORMATICA\\_2007](http://www.informaticahabana.com/evento_virtual/files/Presentacion_INFORMATICA_2007).

## ANEXOS

### ANEXO 1: Entrevista

#### **Entrevista:**

Tiempo de vida del proyecto.

¿Qué tiempo que ha dedicado a la captura de requisitos?

Utiliza alguna técnica en el desarrollo y gestión de requisitos.

Se comunica con los usuarios y/o clientes. Con que frecuencia.

¿Qué prioridad se le da a los requisitos dentro del proyecto?

¿Qué factores inciden en el exceso de tiempo y presupuesto?

- Falta de comunicación entre involucrados.
- Requisitos y especificaciones incompletas.
- Requisitos y especificaciones cambiantes.
- Falta de apoyo de directivos.
- Desconocimientos de las tecnologías.
- Falta de recursos.
- Estimaciones irreales.
- Aparición de nuevas tecnologías.
- Tiempo disponible de los involucrados.
- Falta de capacitación.

## ANEXO 2: Lista de chequeo

| <b>Lista de Chequeo</b> |   |                              |   |                              |
|-------------------------|---|------------------------------|---|------------------------------|
| <b>#</b>                | <b>Actividad</b>  | <b>Forma de verificación</b> | <b>Documentos a revisar</b>   | <b>Realización (Si / No)</b> |
| 1                       | Identificar y clasificar requisitos.  | Auditoría                    | Documento Especificación requerimientos.                                |                              |
| 2                       | Utiliza técnicas para el desarrollo y gestión de los requisitos.                    | Cuestionario                 |   |                              |
| 3                       | Realiza el proceso de análisis y validación de los requisitos.                      | Cuestionario                 |   |                              |
| 4                       | Gestiona requisitos.  | Cuestionario y Auditoría     | Plan de Gestión de requisitos   |                              |
| 5                       | Realiza el proceso de documentación.  | Auditoría                    | Plan de Gestión de requisitos, Documento Especificación requerimientos. |                              |
| 6                       | Que roles en le proyecto son los encargados del desarrollo y gestión de requisitos. | Auditoría                    | Documento Roles y responsabilidades.                                    |                              |
| 7                       | Utiliza algún estándar de calidad para el desarrollo y gestión de los requisitos.   | Cuestionario                 |   |                              |

## ANEXO 3: Cuestionario

**Cuestionario**

Utiliza técnicas para el proceso de desarrollo de requisitos. Si\_\_\_/ No\_\_\_

En caso de responder si seleccione cual(es):

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| Entrevistas___                                   | Plantillas o patrones___        |
| Desarrollo conjunto de<br>Aplicaciones (JAD) ___ | Escenarios___                   |
| Tormenta de ideas___                             | Lenguajes Formales___           |
| Mapas Conceptuales___                            | Reviews o Walk-Throughs ___     |
| Interfaz y Navegación___                         | Auditorías___                   |
| Casos de Uso___                                  | Matrices de trazabilidad___     |
| Cuestionarios___                                 | Prototipos___                   |
| Comparación de terminología___                   | Sistemas Existentes___          |
| Lenguaje natural___                              | Arqueología de documentos___    |
| Glosario y ontologías___                         | Aprendiz___                     |
|  | Grabaciones de video y audio___ |

Realiza el proceso de análisis y validación de los requisitos. Si\_\_\_/ No\_\_\_ ¿Cómo?

---



---



---

Gestiona requisitos. Si\_\_\_/ No\_\_\_

Utiliza algún estándar de calidad para el desarrollo y gestión de los requisitos. Si\_\_\_/ No\_\_\_

En caso de responder si seleccione cual(es):

|                  |                  |
|------------------|------------------|
| CMMI___          | ISO 9001:2000___ |
| IEEE 830 ___     | Otras ___        |
| ISO 9000:2000___ |                  |

### GLOSARIO

#### **Analista**

Un miembro de la comunidad técnica (ingenieros en sistemas o analistas de negocios, que desarrollan los requisitos del sistema) que está capacitado para definir problemas y analizar, desarrollar y expresar algoritmos.

#### **Auditoría**

Inspección independiente a un producto de trabajo o conjunto de productos de trabajo para evaluar si está acorde con las especificaciones, estándares, acuerdos contratados u otros criterios.

#### **Capacidad**

Es el requisito principal del sistema y representa características y funciones del sistema necesitadas o deseadas por el cliente, es decir, lo que el sistema sea capaz de hacer.

#### **Cliente**

La entidad o entidades para los cuales los requisitos deben ser satisfechos en el sistema que está siendo definido y desarrollado. Éste puede ser el usuario final de un sistema terminado, una organización dentro de la misma compañía desarrolladora, una compañía o entidad externa a la compañía desarrolladora, o una combinación de las anteriores. Ésta es la entidad para la cual el desarrollador de sistema debe demostrar que el sistema terminado satisface los requisitos especificados.

#### **Componentes del producto**

El término componente del producto es usado de forma relativa dentro de los modelos CMMI, lo que significa que un componente hace parte de un nivel inferior del producto. Los componentes del producto son ensamblados para construir el producto final que se entrega al cliente.

**Defectos:** Es el incumplimiento de los requisitos de uso previstos.

#### **Elicitación**

Actividad de la Ingeniería de Requisitos en la cual se estudia el dominio del problema y se interactúa con los clientes y usuarios para obtener y registrar información sobre sus necesidades. Antes de



identificar los requisitos que el sistema telemático debe cumplir, es conveniente conocer el ambiente y los procesos que se desarrollan dentro de la organización donde el sistema a construir va a ofrecer sus servicios, ésta es la etapa para recolectar y obtener toda la información posible y necesaria para modelar la organización en estudio. Se propone en esta etapa la obtención del Modelo de Negocio, el cual describe los procesos de negocios de la organización, especificando sus datos, tareas, roles, agentes y reglas, información a partir de la cual se identifican los primeros requisitos candidatos a ser cubiertos por el sistema telemático a desarrollar.

### **Estándar de calidad**

Los Estándares de Calidad son aquellos que permiten definir un conjunto de criterios de desarrollo que guían la forma en que se aplica la Ingeniería del Software. Los estándares suministran los medios para que todos los procesos se realicen de la misma forma y son una guía para lograr productividad y calidad.

### **Guía**

Conjunto de criterios bien definidos y documentados que encaminan una actividad o tarea, es más flexible que un estándar.

### **Ingeniería de Requisitos**

Proceso de descubrimiento y comunicación de las necesidades de clientes y usuarios y la gestión de los cambios de dichas necesidades. Uno de los aspectos más importantes de ella es la comunicación. Además, la Ingeniería de Requisitos debe ser considerada como un proceso de construcción de una especificación de requisitos en el que se avanza desde unas especificaciones iniciales, que no poseen las características oportunas, hasta especificaciones finales completas, formales y acordadas entre todas las partes.

### **Línea base**

Una línea base es un concepto de gestión de la configuración del software que lleva a controlar los cambios sin impedir seriamente los cambios justificados. IEEE 610.12/1990 define una línea base como: Una especificación o producto que se ha revisado formalmente y sobre los que se ha llegado a un acuerdo, y que de ahí en adelante sirve como base para un desarrollo posterior y que puede cambiarse solamente a través de procedimientos formales de control de cambios.

### **Modelos**

Un modelo es una representación en pequeño de alguna cosa. Esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, como la evolución económica de un país, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento. En ingeniería de software, existen dos tipos de modelos básicos: el modelo conceptual y el modelo de comportamiento.

- **Modelo conceptual:** Es el utilizado en la especificación del sistema, representa los conceptos más significativos en el dominio del problema. Nos describe la parte estática del problema, es una fotografía del mundo real.
- **Modelo de Comportamiento:** Utilizado en la parte de diseño del sistema, define la parte dinámica, es decir, cual debe ser el.

### **Modelos de Calidad**

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

### **Modelo de Procesos**

Un modelo de procesos es un conjunto de elementos estructurados que describen características de procesos efectivos y de calidad. Un modelo indica “Qué hacer”, no “Cómo hacerlo”, ni “Quién lo hace”. Se usa como ayuda para establecer y priorizar objetivos de mejora, mejorar los procesos y proporcionar una guía que asegure el establecimiento de procesos estables, capaces y maduros.

### **Proyecto**

CMMI define proyecto como un sistema manejado de recursos correlacionados que entrega unos o más productos a un cliente o a un usuario. Un proyecto tiene un principio definido y funciona típicamente según un plan. Tal plan se documenta y especifica con frecuencia en cuál deben ser entregados o puestos en ejecución los recursos y los fondos que se utilizarán, el trabajo que se hará, y un horario para hacer el trabajo. Un proyecto se puede componer de subproyectos. [4]

### **Rol**

Define el comportamiento y responsabilidades de un individuo o un grupo de individuos que trabajan en equipo.

### **Stakeholders**

Son todas las personas que de una forma u otra están implicadas en el proyecto (clientes, usuarios, proveedores, etc.)

### **Trazabilidad**

Asociación entre dos o más entidades lógicas, tales como requisitos, elementos de requisitos, verificaciones y tareas.

### **Usuario final**

La persona o personas quienes al final usarán el sistema para el propósito deseado.

### **Validación y verificación**

Actividad de la Ingeniería de Requisitos en la que clientes y usuarios, junto con la ayuda de los ingenieros de requisitos y otros evaluadores, revisan los productos obtenidos en etapas anteriores para comprobar que realmente reflejen sus necesidades, que definen el producto deseado y que están descritos de la manera correcta.

