

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**METODOLOGÍA DE VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE  
ADQUISICIÓN EN LA ETAPA DE ANÁLISIS DE SISTEMAS DE  
INFORMACIÓN DESARROLLADOS A LA MEDIDA PARA LA  
ADQUISICIÓN EN PEQUEÑOS CONTEXTOS**

Tesis para optar por el Título de Ingeniero Informático, que presenta el bachiller:

**Daniel Alonso Farfán Molina**

**ASESOR: Abraham Dávila  
CO-ASESOR: Karin Meléndez**

Lima, Agosto del 2015

## RESUMEN

La adquisición de software es un tema tratado en diversos modelos y estándares que abarcan todo el ciclo de vida del software y explican qué prácticas y actividades realizar; sin embargo, no constituyen una guía que indique cómo realizar dichas prácticas y su aplicabilidad o adecuación a los pequeños contextos no ha sido comprobada o analizada.

El presente proyecto de fin de carrera, tiene como propósito, desarrollar una metodología que busca aportar una solución a problemas inherentes a pequeños contextos en organizaciones que adquieren productos software, mediante el seguimiento de actividades propuestas y técnicas de verificación y validación aplicables durante la etapa de análisis de sistemas de información, para el caso de una adquisición en un pequeño entorno en el que se desarrollan sistemas de información desarrollados a la medida.

Para el desarrollo de la metodología se realizó una comparación de diversas propuestas de adquisición de software de las que se obtuvieron las actividades, prácticas, tareas y artefactos, se identificó y seleccionó técnicas de verificación y validación para la etapa de análisis de sistemas de información, se definió la arquitectura de la metodología según ISO/IEC 24774, se documentó la metodología y por último se validó a través de Juicio de expertos.

Finalmente se logró implementar una metodología de 3 fases, 6 actividades y 6 roles, apoyada por artefactos y dirigida a pequeños contextos, con la finalidad de guiar a través del proceso de adquisición durante la etapa de análisis de sistemas de información, aplicando técnicas de verificación y validación en el caso de sistemas de información desarrollados a la medida.

**TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO INFORMÁTICO**

**TÍTULO:** METODOLOGÍA DE VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE ADQUISICIÓN EN LA ETAPA DE ANÁLISIS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN DESARROLLADOS A LA MEDIDA PARA LA ADQUISICIÓN EN PEQUEÑOS CONTEXTOS

**ÁREA:** INGENIERÍA DE SOFTWARE  
**PROPONENTE:** MAG. ABRAHAM ELISEO DÁVILA RAMÓN  
**ASESOR:** MAG. ABRAHAM ELISEO DÁVILA RAMÓN  
MAG. KARIN ANA MELÉNDEZ LLAVE  
**ALUMNO:** DANIEL ALONSO FARFÁN MOLINA  
**CÓDIGO:** 20042054  
**TEMA N°:** S99  
**FECHA:**



**DESCRIPCIÓN**

En los últimos años, el software se ha constituido en uno de los elementos más importante en las organizaciones pues da soporte a las decisiones y permite la gestión de las organizaciones sin importar su giro de negocios; sin embargo, existe un problema central muy frecuente que está relacionado al software y es su mala calidad.

En el contexto de las organizaciones que requieren un software para sus necesidades y de organizaciones que proporcionan soluciones desarrolladas a la medida se han desarrollado modelos para la adquisición de software como: SA-CMM, CMMI - ACQ, IEEE 1062, *Information Services Procurement Library* (ISPL) e ISO/IEC 12207, pero que han sido principalmente orientada a grandes organizaciones que tienen proyectos grandes. Estos modelos son presentados a un alto nivel de abstracción, lo que corresponde con modelos que pretenden ser útiles en casi cualquier contexto a nivel mundial. Además al ser más especializados en la adquisición se apoyan en distintas técnicas de aseguramiento de la calidad (pruebas, verificación, validación, etc.) Sin embargo, en el contexto de pequeños proyectos, que son de los que más se tienen en nuestro medio, la aplicabilidad de estos modelos, como ocurre en otros temas de procesos en ingeniería de software, resulta de difícil. En nuestro medio, en la que muchas organizaciones son pequeñas y desarrollan soluciones a medida en el campo de los sistemas de información, existe también el problema de la mala calidad que finalmente perjudica a todas las partes y que suele corresponden como pasas a nivel mundial, con problemas en los requisitos de software.

El presente Proyecto propone la elaboración de una metodología basada en el proceso de verificación y validación que pueda aplicarse a las primeras etapas de



proyectos de desarrollo a la medida de sistemas de información (desde el contacto inicial del cliente hasta la finalización del análisis) y que pueda ser utilizado por pequeñas organizaciones que contratan a empresas desarrolladoras de software.

### **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una metodología que utilice técnicas de verificación y validación en el contexto de una adquisición de software que se encuentra en la etapa de análisis de sistemas de información y es desarrollada en pequeños entornos.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Los objetivos específicos de este Proyecto son:

- OE1: Identificar modelos, estándares y/o marcos de trabajo, relacionados a la adquisición de software e identificar su aplicación a pequeños entornos.
- OE2: Identificación y selección de técnicas de verificación y validación aplicables a la etapa de análisis del desarrollo de software y su aplicación a pequeños entornos.
- OE3: Definir una arquitectura de la metodología y un patrón de documentación.
- OE4: Documentar la metodología.
- OE5: Validar la metodología propuesta.

### **ALCANCE**

Este proyecto tendrá como alcance el desarrollo de una metodología que cubrirá la etapa de análisis, desde que las organizaciones adquiriente y proveedora establecen el acuerdo de hacer un proyecto de construcción de software a la medida hasta completar todo el análisis; por lo que se excluye el diseño y demás etapas del desarrollo de sistemas de información. El tipo de proyectos considerados por su tamaño son aquellos que correspondan al tipo de pequeños proyectos.

La metodología a desarrollar se basará en prácticas ampliamente aceptadas y recogidas en propuestas existentes en la industria pero adaptadas al contexto de las pequeñas organizaciones y en el desarrollo de software a la medida en el campo de los sistemas de información.

*Máximo: 100 paginas*





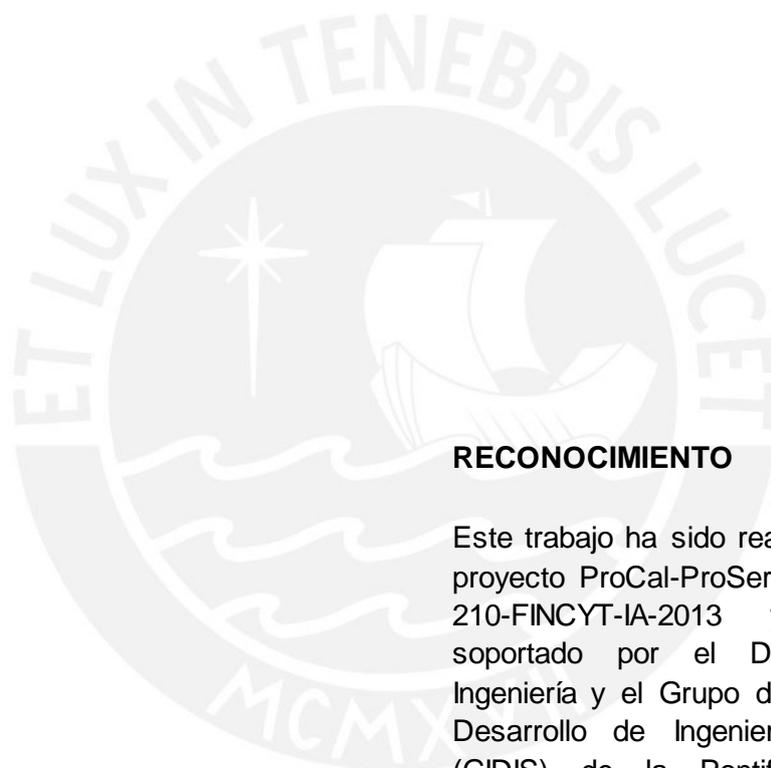
### **DEDICATORIA**

A mis padres, por encaminarme en momentos difíciles y apoyarme siempre en mi formación como persona. A mi hermana Claudia, por creer en mí e incentivar me a realizar el presente trabajo.



### **AGRADECIMIENTO**

A mis asesores los profesores Abraham Dávila y Karin Meléndez por su colaboración en la realización del presente proyecto. Sin su guía, revisión y apoyo el presente trabajo no hubiera sido posible.



## RECONOCIMIENTO

Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto ProCal-ProSer bajo el Contrato 210-FINCYT-IA-2013 y parcialmente soportado por el Departamento de Ingeniería y el Grupo de Investigación y Desarrollo de Ingeniería de Software (GDIS) de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

## Tabla de contenido

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	12
1.1. LA ADQUISICIÓN DE SOFTWARE	12
1.2. ANÁLISIS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA ADQUISICIÓN DE SOFTWARE	13
1.3. EL DESARROLLO DE SOFTWARE A LA MEDIDA	13
1.4. LA VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE ADQUISICIONES	14
1.5. LOS PEQUEÑOS CONTEXTOS	15
1.6. CONCLUSIÓN	16
2. PROPUESTA DEL PROYECTO	17
2.1. OBJETIVO GENERAL	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2.3. RESULTADOS ESPERADOS	17
2.4. HERRAMIENTAS, MÉTODOS, METODOLOGÍAS Y PROCEDIMIENTOS	18
2.5. HERRAMIENTAS	20
2.6. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	23
2.7. METODOLOGÍAS	24
2.8. ALCANCE	25
2.9. LIMITACIONES	26
2.10. RIESGOS	27
2.11. JUSTIFICACIÓN	27
3. MARCO DE REFERENCIA	29
3.1. CICLO DE VIDA DE LA ADQUISICIÓN DE SOFTWARE	29
3.1. MODELOS Y ESTÁNDARES RELACIONADOS CON LA ADQUISICIÓN DE SOFTWARE	31
3.2. TÉCNICAS DE VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN	36
3.3. MODELOS PARA DOCUMENTAR METODOLOGÍAS	43
3.4. CONCLUSIÓN	47
4. ESTADO DEL ARTE	48
4.1. METODOLOGÍA PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA ADQUISICIÓN DE SOFTWARE (PROCESO Y PRODUCTO) Y SERVICIOS CORRELACIONADOS. (MACAD-PP)	48
4.2. MARCO METODOLÓGICO Y TECNOLÓGICO PARA LA MEJORA DE LAS ACTIVIDADES DE VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE PRODUCTOS SOFTWARE	49
4.3. UN ANÁLISIS CRÍTICO COMPARATIVO DE MODELOS Y ESTÁNDARES RELACIONADOS CON LA ADQUISICIÓN DE SOFTWARE	49
4.4. CONCLUSIONES SOBRE EL ESTADO DEL ARTE	50

5. RESOLUCIÓN	51
5.1. COMPARACIÓN DE ESTÁNDARES Y MARCOS DE TRABAJO DE ADQUISICIÓN DE SOFTWARE Y SU APLICABILIDAD A PEQUEÑOS CONTEXTOS	51
5.2. SELECCIÓN Y COMPARATIVA DE TÉCNICAS DE VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN PARA LA ETAPA DE ANÁLISIS Y SU APLICABILIDAD A PEQUEÑOS CONTEXTOS	56
5.3. ARQUITECTURA DE LA METODOLOGÍA Y PATRÓN DE DOCUMENTACIÓN	62
5.4. ESPECIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA	66
6. VALIDACIÓN	81
6.1. PROCESO DE VALIDACIÓN	81
6.2. INSTRUMENTO USADO PARA LA VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS	82
6.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS	82
7. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	84
7.1. CONCLUSIONES DEL PROYECTO	84
7.2. TRABAJO FUTURO	85
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86

## Índice de Figuras

Figura 3.1: Proceso de adquisición de software según IEEE 1062 .....	30
Figura 3.2: Áreas de proceso principales de CMMI for acquisition .....	33
Figura 5.1: Estructura de la Metodología .....	64
Figura 5.2: Roles desempeñados en la Metodología .....	65
Figura 5.3: Actividades de la metodología y su relación con las fases de la adquisición .....	66
Figura 5.4: Diagrama de secuencia de actividades de la metodología .....	67
Figura 5.5: Diagrama de secuencia de tareas de la actividad 1.1 .....	70
Figura 5.6: Diagrama de secuencia de tareas de la actividad 1.2 .....	72
Figura 5.7: Diagrama de secuencia de tareas de la actividad 2.1 .....	74
Figura 5.8: Diagrama de secuencia de tareas de la actividad 2.2 .....	76
Figura 5.9: Diagrama de secuencia de tareas de la actividad 2.3 .....	78
Figura 5.10: Diagrama de secuencia de tareas de la actividad 3.1 .....	80



## Índice de Tablas

Tabla 2.1: Mapeo de objetivos versus resultados esperados .....	17
Tabla 2.2: Mapeo de resultados esperados versus herramientas .....	19
Tabla 2.3: Estructura de modelo de procesos. ISO/IEC TR 24774 .....	20
Tabla 2.4: Categorías de elementos BPMN .....	22
Tabla 2.5: Riesgos, impactos y mitigaciones identificados para el proyecto .....	27
Tabla 2.6: Distribución de empresas por tamaño .....	28
Tabla 3.1: Proceso de adquisición de software según IEEE 1062 .....	30
Tabla 3.2: Fases del ciclo de vida de adquisición de IEEE 1062 .....	34
Tabla 3.3: Estructura del Estándar ISO/IEC 12207 .....	35
Tabla 3.4: Estructura del Proceso de adquisición para el Estándar ISO/IEC 12207 .....	36
Tabla 3.5: Técnicas de pruebas dinámicas basadas en especificación .....	37
Tabla 3.6: Técnicas de pruebas dinámicas basadas en estructura .....	38
Tabla 3.7: Tipos de revisiones .....	39
Tabla 3.8: Interfaces de Métrica Versión 3.....	45
Tabla 5.1: Tabla comparativa de estándares y marcos de trabajo de adquisición de software y su aplicabilidad a pequeños contextos .....	52
Tabla 5.2: Tabla comparativa de técnicas de verificación y validación para la etapa de análisis y su aplicabilidad a pequeños contextos .....	59
Tabla 5.3: Condiciones aplicadas a los criterios de comparación de las técnicas de verificación y validación identificadas .....	62
Tabla 5.4: Actividad 1.1 .....	68
Tabla 5.5: Actividad 1.2 .....	70
Tabla 5.6: Actividad 2.1 .....	73
Tabla 5.7: Actividad 2.2 .....	75
Tabla 5.8: Actividad 2.3 .....	76
Tabla 5.9: Actividad 3.1 .....	78

## 1. Definición del problema

El presente proyecto de fin de carrera establece una metodología que busca aportar una solución a problemas inherentes a pequeños contextos en organizaciones que adquieren productos software. Para identificar y ayudar en la comprensión de tales problemas y su relación en el establecimiento de este proyecto se presentan los siguientes apartados que en su conjunto forman la problemática tratada.

### 1.1. La adquisición de Software

Existe un incremento en la tendencia de adquirir productos o servicios de Software encargando su producción a proveedores externos (SEI 2010; Svennberg 2001), esto a consecuencia de una búsqueda de diversas ventajas basadas en la calidad, costo y tecnología y con la consecuente aceptación de las desventajas intrínsecas que acompañan esta tercerización tales como pérdida de control y dependencia (Zepeda 2012). Por ello, es natural un interés creciente por parte de los adquirientes por asegurar la calidad en la adquisición de un producto Software que cumpla todas sus necesidades y expectativas.

Ahora, esto se ve reforzado por la inversión en tiempo y dinero que perderían al no obtener un producto que satisfaga sus necesidades, este impacto se vería maximizado si se tratara de una pyme debido a la cantidad limitada de recursos que poseen, y dado que entre el 95% y el 99% de las empresas son pymes dependiendo del país según la *Organization for economic Co-operation and Development* (OECD) (ISO/IEC 29110 2011) se vuelve imperiosa la necesidad de asegurar la adquisición de un producto de calidad.

En cuanto a las propuestas de adquisición, se han realizado diversos esfuerzos, entre ellos se tienen a: SA-CMM, CMMI *for acquisition*, IEEE 1062, *Information Services Procurement Library* (ISPL) e ISO/IEC 12207 que recopilan diversas actividades y buenas prácticas propias de la adquisición de Software, sin embargo; estas propuestas no están enfocadas en la forma de desarrollar las actividades asociadas a la adquisición, es decir el cómo desarrollarlas (Van Bon 2006).

## 1.2. Análisis de Sistemas de Información y su relación con la adquisición de Software

Existen diferentes modelos de proceso del software, también conocidos como modelos del ciclo de vida del software, cada uno de ellos con la misma finalidad, la de conducir a la creación de un producto software (Sommerville 2005).

Los modelos del ciclo de vida de software poseen un conjunto de actividades o etapas en común, entre ellas la especificación del software, también llamada análisis, definición de requerimientos, ingeniería de requerimientos o comunicación, dependiendo del tipo de modelo de proceso y el autor. Esta etapa define la funcionalidad del software y las restricciones en su operación (Sommerville 2005; Pressman 2010).

De acuerdo con Assman y Punter (2003) uno de los problemas más frecuentes en los proyectos de adquisición está relacionado con la insuficiente especificación del Software debido a factores tales como uso de herramientas muy simples, nivel inapropiado de documentación de requisitos de Software y falta de participación de los usuarios durante la ingeniería de requisitos.

De la misma manera, Simmons (1990) identifica un conjunto de problemas típicos en la adquisición de software, entre los cuales destacan los cambios constantes en los requisitos y los planes de prueba incompletos. Asimismo, Simmons (1990) indica que la falta de calidad en los productos software adquiridos se debe entre otros motivos a la falta de actividades que aseguren que los requisitos están bien definidos y que son trazables a través del diseño y desarrollo.

Además, *The Standish Group* (2009) establece los mismos factores como determinantes en el éxito de los proyectos de adquisición, estos factores son la participación de los usuarios, una declaración clara de los requisitos de los usuarios y soporte de la gestión ejecutiva.

## 1.3. El desarrollo de Software a la medida

Existen 3 tipos de productos Software disponibles para adquisición (Zepeda 2012):

i) Productos comerciales adaptables a los usuarios sin necesidad de ser modificados, conocido por sus siglas en inglés como COTS (*Complement on the Shelf*).

ii) Productos comerciales modificables según la necesidad de cada cliente, conocido por sus siglas en inglés como MOTS (*Modified off the Shelf*).

iii) Productos a la medida, desarrollados para satisfacer las necesidades de un cliente específico.

Todas estas opciones son perfectamente seleccionables y evaluadas durante una fase previa de estudio de viabilidad del sistema en la que se evalúa el impacto en la organización, inversión y riesgos asociados (Ministerio De Administraciones Públicas 2001).

Entre las ventajas que presenta el desarrollo de Software a la medida se tienen: se ajusta a las necesidades específicas del negocio, se invierte controladamente en mejoras y actualizaciones, tiene costo inicial bajo, dispone de posibilidad de mantenimiento, tiene una duración proporcional al mantenimiento que se le brinde y puede ser diseñado para comunicarse con otros sistemas (David Lloyd; Traylor 2006).

Entre las desventajas que implica el desarrollo de software a la medida se tiene: el tiempo que se requiere para su desarrollo, tiempo en planeamiento y determinación de integración con otros sistemas y procesos, tiempo usado en pruebas y validaciones, costos posteriores por re-diseño, re-validación y mantenimiento (Cincom Systems 2008).

#### **1.4. La verificación y validación de adquisiciones**

El aseguramiento de la calidad de Software (SQA) tiene como objetivo principal, según Galin (2004), minimizar el coste de garantizar la calidad a través de un conjunto de actividades que se desarrollan a lo largo del proceso de desarrollo del Software. Un subconjunto de estas actividades son las actividades de verificación y validación definidas en el primer caso como actividades cuyo propósito es asegurar que se está construyendo el producto correctamente, y en el segundo caso como actividades cuyo principal objetivo es asegurar que se ha desarrollado el producto correcto (Runeson et. al 2006).

Por otro lado, para lograr una adquisición de Software exitosa que cubra el proceso de desarrollo de sistemas de información, y en particular la fase de análisis, es importante asegurar la calidad en dicho proceso de desarrollo, tal y como lo deja

entrevista *CMMI for acquisition* (2007) cuando menciona que la calidad de un sistema o producto es altamente influenciada por la calidad del proceso usado para su desarrollo y mantenimiento.

Un aspecto a tomar en cuenta acerca de la verificación y validación, es que son las primeras en verse recortadas, y como consecuencia afectan negativamente la calidad del producto software. Esta afirmación encuentra sustento en Tokar y Mankeforts (2003), que señalan que el 60% de los desarrolladores encuestados aceptan que las actividades de verificación y validación son las primeras que abandonan cuando se encuentran bajo presión.

El contexto antes mencionado se agrava cuando se tratan de Pymes, ya que según Mishra y Mishra (2007), estas no disponen de recursos debidamente cualificados y específicamente dedicados a la realización de las actividades relacionadas con el proceso de pruebas Software.

### **1.5. Los pequeños contextos**

La industria del software representa una actividad económica importante a nivel mundial, estando formada en más de un 90% por micro, pequeñas y medianas empresas y que además genera entre un 40% y 50% del empleo total (Calvo-Manzano et al. 2008) esta notable presencia económica obedece a la cantidad de requerimientos surgidos para la solución de problemas en el ámbito de las empresas públicas y privadas.

Por otro lado, según Gasca (2010), con respecto a las propuestas de adquisición aplicadas a pequeños contextos, la complejidad de dichas propuestas presenta una seria dificultad para las organizaciones y más aún para los pequeños contextos en el momento de implementar los procesos que propone.

Cabe destacar que el mismo autor define pequeños contextos como “organizaciones de menos de 100 empleados, unidades de una organización menores de 50 empleados o proyectos de menos de 25 personas” (Gasca 2010), es decir proyectos de adquisición con menos de 25 personas involucradas o proyectos que integren a una micro, pequeña o mediana organización como proveedora de Software.

## 1.6. Conclusión

De acuerdo a lo presentado en los apartados anteriores, se puede afirmar que la etapa de análisis de sistemas de información adquiere un papel relevante, a través de la influencia que ejercen los requisitos, en el éxito de la adquisición de software.

Otro punto a mencionar, es el de la relación implícita que existe entre el adquiriente y el proveedor, dicha relación se mantiene a lo largo del proceso de adquisición, y es necesaria para mantener la gestión sobre los proveedores, tal como indica *CMMI for acquisition* (2010).

De esta manera, se desprende de los 2 párrafos anteriores, que la etapa de análisis de sistemas de información y la relación entre adquiriente y proveedor cobran especial interés como materia de análisis en la adquisición de software.

También destaca la necesidad de asegurar la calidad del software en la adquisición a través de la aplicación de actividades propias de la verificación y validación, así como la complejidad de aplicar las propuestas de adquisición a los pequeños contextos.

Finalmente, lo que se busca mediante el presente trabajo de fin de carrera, es elaborar una guía metodológica que indique cómo aplicar un conjunto de actividades y técnicas propias de verificación y validación a la etapa de análisis de sistemas de información, para el caso de una adquisición en un pequeño entorno en el que se desarrollan sistemas de información hechos a la medida.

## 2. Propuesta del proyecto

Los apartados que conforman el presente capítulo hacen referencia a los objetivos, riesgos implicados, cómo se va a realizar, por qué se va a realizar, lo que no se va a realizar, con qué herramientas se va a realizar y hacia donde está dirigido el presente proyecto de fin de carrera.

### 2.1. Objetivo general

Desarrollar una metodología, dirigida a pequeños contextos, para guiar a través del proceso de adquisición durante la etapa de análisis de sistemas de información, aplicando técnicas de verificación y validación.

### 2.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos para el presente proyecto son:

- OE1: Identificar modelos, estándares y/o marcos de trabajo, relacionados a la adquisición de Software e identificar su aplicación a pequeños contextos.
- OE2: Identificación y selección de técnicas de verificación y validación aplicables a la etapa de análisis de sistemas de información y su aplicación a pequeños contextos.
- OE3: Definir una arquitectura de la metodología y un patrón de documentación.
- OE4: Documentar la metodología.
- OE5: Validar la metodología propuesta.

### 2.3. Resultados esperados

A continuación, se presenta el mapeo de objetivos específicos con los resultados esperados (ver Tabla 2.1):

Tabla 2.1. Mapeo de objetivos versus resultados esperados

Objetivo Específico	Resultado Esperado
OE1: Identificar modelos, estándares y/o marcos de trabajo, relacionados a la	RE1: Lista y descripción de propuestas adoptadas (modelos, estándares y/o

Objetivo Específico	Resultado Esperado
adquisición de software e identificar su aplicación a pequeños contextos.	marcos de trabajo) relacionados con la adquisición de Software.  RE2: Tabla comparativa de propuestas adoptadas de adquisición de software identificados y su aplicabilidad a pequeños contextos.
OE2: Identificación y selección de técnicas de verificación y validación aplicables a la etapa de análisis de sistemas de información y su aplicación a pequeños contextos.	RE3: Lista y descripción de técnicas de verificación y validación.  RE4: Tabla comparativa de técnicas de verificación y validación para la etapa de análisis y su aplicabilidad a pequeños contextos.
OE3: Definir una arquitectura de la metodología y un patrón de documentación.	RE5: Estructura de la metodología y definición de sus componentes.
OE4: Documentar la metodología.	RE6: Lista y descripción de actividades de la metodología.  RE7: Lista, descripción y creación en anexos de los artefactos de la metodología.
OE5: Validar la metodología propuesta.	RE8: Instrumento para validación por juicios de expertos.  RE9: Análisis de opinión de juicio de experto.

#### 2.4. Herramientas, métodos, metodologías y procedimientos

El mapeo de los resultados esperados versus las metodologías, herramientas, métodos y procedimientos a usarse se presentan en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Mapeo de resultados esperados versus herramientas

Objetivos específicos	Resultados esperados	Herramientas a usarse
<p>OE1: Identificar modelos, estándares y/o marcos de trabajo, relacionados a la adquisición de Software e identificar su aplicación a pequeños contextos.</p>	<p>RE1: Lista y descripción de propuestas adoptadas (modelos, estándares y/o marcos de trabajo) relacionados con la adquisición de software.</p> <p>RE2: Tabla comparativa de propuestas adoptadas de adquisición de software identificados y su aplicabilidad a pequeños contextos.</p>	<p>Mapeo Sistemático Método comparativo.</p>
<p>OE2: Identificación y selección de técnicas de verificación y validación aplicables a la etapa de análisis de sistemas de información y su aplicación a pequeños contextos.</p>	<p>RE3: Lista y descripción de técnicas de verificación y validación.</p> <p>RE4: Tabla comparativa de técnicas de verificación y validación para la etapa de análisis y su aplicabilidad a pequeños contextos.</p>	<p>Mapeo Sistemático Método comparativo.</p>
<p>OE3: Definir una arquitectura de la metodología y un patrón de documentación.</p>	<p>RE5: Estructura de la metodología y definición de sus componentes.</p>	<p><i>ISO/IEC TR 24774</i></p>
<p>OE4: Documentar la metodología.</p>	<p>RE6: Lista y descripción de actividades de la metodología.</p> <p>RE7: Lista, descripción y creación en anexos de los artefactos de la metodología.</p>	<p>BPMN</p>
<p>OE5: Validar la metodología propuesta.</p>	<p>RE8: Instrumento para validación por juicios de expertos.</p>	<p>Juicio de expertos</p>

Objetivos específicos	Resultados esperados	Herramientas a usarse
	RE9: Análisis de opinión de juicio de experto.	

## 2.5. Herramientas

- **ISO/IEC TR 24774 2010**

ISO/IEC TR 24774 es un reporte técnico publicado en el 2010 y debatido por el comité técnico conjunto ISO/IEC (tecnologías de información) subcomité SC 7 (ingeniería de software y sistemas). Tiene como propósito promover la uniformidad en la descripción de procesos con la finalidad de permitir a futuro la combinación de procesos de diferentes procesos de referencia y facilitar el desarrollo de nuevos modelos y su comparación (ISO/IEC 2010).

Según el propio ISO/IEC TR 24774 (2010) dicho reporte técnico presenta directivas para la descripción de los procesos en términos de formato, contenido y nivel de prescripción, a continuación la Tabla 2.3 presenta los elementos de proceso que definen la estructura propuesta.

Tabla 2.3. Estructura de modelo de procesos. ISO/IEC TR 24774 (2010).

Elementos	Descripción
Título	Es una breve descripción del proceso
Propósito	Describe el objetivo de realizar el proceso.
Salidas	Expresan los resultados esperados observables de la realización exitosa del proceso.
Actividades	Son una lista de acciones usadas para lograr las salidas.
Tareas	Son acciones específicas que son realizadas para lograr una actividad.
Ítems de información	Son cuerpos de información separadamente identificables, producidos y almacenados para su uso durante un ciclo de vida de Software o sistema.

- **BPMN**

Es una notación gráfica desarrollada por el *Object Management Group (OMG)* para el modelado de procesos de negocios cuyo objetivo principal es proveer una notación fácilmente entendible por todos los usuarios del negocio (BPMN 2011).

Asimismo permite que lenguajes basados en XML diseñados para la ejecución de procesos de negocio tales como WSBPEL (*Web Services Business Process Execution Language*) puedan ser visualizados con una notación orientada a objetos (BPMN 2011).

Basados en el contenido de BPMN (2011) daremos un vistazo rápido a la estructura de esta notación. BPMN expresa los procesos de negocio a través de diagramas de proceso de negocio (BPMN Diagram), estando estos categorizados en tres tipos de submodelos:

**i) Procesos**

- Procesos de negocios privados (internos) no ejecutables: Procesos internos a una organización específica que han sido modelados con el propósito de ser ejecutado de acuerdo a una semántica definida.
- Procesos de negocios privados (internos) ejecutables: Procesos internos a una organización específica que han sido modelados con el propósito de documentar el comportamiento del proceso a un nivel de detalle definido por el modelador.
- Procesos Públicos: Proceso que representan la interacción entre un proceso de negocio privado y algún otro tipo de proceso o participe en donde solo las actividades que son usadas para comunicarse con otro participe están incluidas.

**ii) Coreografías**

Es una definición del comportamiento esperado entre participes que interactúan.

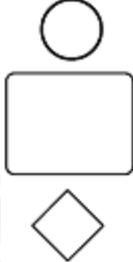
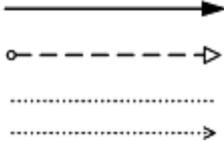
**iii) Colaboraciones**

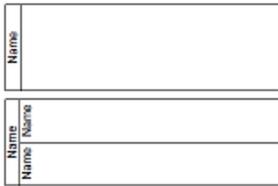
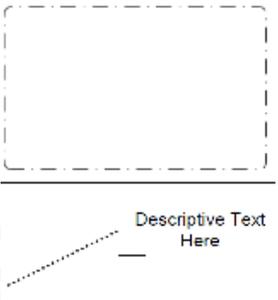
Representan la interacción entre 2 o más entidades del negocio en donde normalmente intervienen los siguientes elementos, Pools, Mensajes (Objeto de información) y Flujos de mensaje.

- Conversaciones: Es un caso particular de un diagrama de colaboración en donde se incluye una relación lógica de intercambio de mensajes, entre pools que representan a participantes.

Para efectos de simpleza BPMN organiza los aspectos gráficos de la notación (elementos) en categorías, los cuales sufren pequeñas variantes con el fin de soportar mayor complejidad, en la Tabla 2.4. se puede apreciar las categorías y los elementos correspondientes.

Tabla 2.4. Categorías de elementos BPMN. Business Process Management Notation (2011).

Categoría	Objetivo	Elemento	Representación básica
Objetos de flujo	Definir el comportamiento del proceso de negocio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Eventos</li> <li>● Actividades</li> <li>● Gateways</li> </ul>	
Data	Representar data.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Objetos de información</li> <li>● Entradas de información</li> <li>● Salidas de información</li> <li>● almacenes de información</li> </ul>	
Objetos de conexión	Conectar los objetos de flujo entre ellos o con otra información.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Flujos de Secuencia</li> <li>● Flujos de mensaje</li> <li>● Asociaciones</li> <li>● Asociaciones</li> </ul>	

Categoría	Objetivo	Elemento	Representación básica
		de información	
Swimlanes	Agrupar elementos del modelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pool</li> <li>Lane</li> </ul>	
Artefactos	Proveer información adicional sobre el proceso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grupos</li> <li>Anotaciones de texto</li> </ul>	

## 2.6. Métodos y Procedimientos

- Juicio de expertos**

Actualmente el juicio de expertos es una práctica generalizada que requiere interpretar y aplicar sus resultados de manera eficiente y con rigurosidad metodológica y estadística, de tal manera que el resultado de la evaluación basada en la información obtenida sea válido (Escobar et al. 2008).

Además, según Utkin (2006) el juicio de expertos en muchas áreas es una parte importante de la información cuando las observaciones experimentales están limitadas.

En el contexto del presente proyecto de fin de carrera se considera para la selección de expertos su experiencia y/o publicaciones realizadas en temas de aseguramiento de calidad y procesos del ciclo de vida del software. Además se considera una cantidad de 2 expertos por ser la cantidad mínima requerida según McGarland et al. (2003).

La obtención de resultados del juicio de expertos se realiza a través de una plantilla en la que constarán:

- El nombre del juez y su experiencia.
- Indicación de las dimensiones e indicadores con los que se está realizando la prueba.
- Especificación del objetivo de la prueba.

Después de realizada la obtención de resultados se procede a realizar un análisis de las observaciones, dichas observaciones determinan los ajustes que se deben hacer a la metodología.

- **Método Comparativo**

Este método es un procedimiento que se basa en la comparación sistemática de un cierto número de casos (Collier 1993:21). Tiene una larga tradición en las ciencias sociales y políticas, constituyendo en este último “el núcleo de estudios politológicos” (Nohlen 2008: 224); sin embargo, su aplicación es multidisciplinaria pues puede abarcar “el análisis estadístico, investigación experimental, y estudios históricos” (Collier 1993:22). De este modo, “la comparación se utiliza de manera rutinaria en la evaluación de hipótesis y puede contribuir al descubrimiento inductivo de nuevas hipótesis y a la formación de teorías” (Collier 1993: 21).

Así, bajo este enfoque, el presente proyecto de tesis busca basarse en este método para realizar una metodología de verificación y validación en el análisis de sistemas de información desarrollados a la medida para adquirientes de pequeñas empresas proveedoras. De modo que, se busca realizar una comparativa y análisis crítico, de las Normas y Estándares de adquisición de software por un lado, y por otro, una comparación y análisis crítico de las diversas técnicas de verificación y validación para evaluar su viabilidad en un contexto más específico. Vista desde el método comparativo, se busca sistematizar tanto las normas y estándares como las técnicas de verificación y validación “enfaticando precisamente la diferencia (la llamada comparación sistematizadora), considerando lo particular del objeto analizado no como singularidad sino como especificidad”, es decir, para cada caso, enfocando su aplicabilidad a los pequeños contextos (Nohlen 2006).

## 2.7. Metodologías

- **Mapeo Sistemático**

Un mapeo sistemático es un método definido para construir un esquema de clasificación y estructurar un campo de interés, en este caso de ingeniería de

software, proporcionando una visión general del área de investigación (Petersen et al. 2008).

Los pasos principales a seguir en un mapeo sistemático son (Petersen et al. 2008):

- Definición de la preguntas de investigación: Establecimiento de las preguntas que delimitan el tema de investigación.
- Búsqueda conducida a través de documentos relevantes: Definición de la cadena de búsqueda alineada con las preguntas de la investigación y selección de bases de datos y motores de búsqueda.
- Proyección de Documentos para inclusión y exclusión: definición de criterios de inclusión y exclusión en la búsqueda.
- Identificación de palabras clave en los resúmenes: Es una manera de ahorrar tiempo en la clasificación posterior y de asegurar que se tomen los estudios existentes en cuenta.
- Extracción de información y mapeo: se realiza la extracción de información a la par de la clasificación y ordenamiento en un esquema de toda la información relevante.

Para la investigación de los temas involucrados en el presente trabajo de fin de carrera se realizó cada uno de los pasos antes mencionados, exceptuando la clasificación y ordenamiento realizados en el último paso que solo se usó convenientemente en la elaboración de algunas tablas.

## 2.8. Alcance

El presente proyecto de fin de carrera pertenece al área de “Ingeniería de software” y tiene como subáreas al “Aseguramiento de la calidad” y la “Adquisición de Software”. A su vez, el proyecto a desarrollar es de tipo “Investigación aplicada”.

Este proyecto tendrá como alcance el desarrollo de una metodología que cubrirá la etapa de análisis, desde que la empresa adquiriente idea, como respuesta a una necesidad, la construcción de un software a la medida hasta completar todo el

análisis; por lo que se excluye el diseño y demás etapas del desarrollo de sistemas de información.

La metodología desarrollada se basa en prácticas ampliamente aceptadas y recogidas en propuestas existentes en la industria pero adaptadas al contexto de las pequeñas organizaciones y en el desarrollo de software a la medida en el campo de los sistemas de información.

La metodología define un patrón de documentación sobre el cual se tendrá toda la formalización del mismo. Por otro lado, se adaptan un conjunto de técnicas de verificación y validación que colaboran en la obtención de calidad a lo largo de la metodología.

La comprobación se realiza a través de un juicio de expertos en tema de aseguramiento de la calidad de software.

Por otro lado, como parte de la delimitación del presente proyecto de fin de carrera se trata el proceso de adquisición de software únicamente para la etapa de análisis de sistemas de información, desestimando las demás fases del ciclo de vida del software; asimismo, este proyecto solo es aplicable al Software desarrollado a la medida, dejando de lado los demás productos software comerciales, COTS (*Complement on the Shelf*) y MOTS (*Modified off the Shelf*).

Finalmente, la metodología desarrollada está dirigida a pequeños contextos, por lo que su aplicación para proyectos de más de 25 personas, o donde las organizaciones desarrolladoras de software no sean pymes, debe ser evaluada para no incorporar situaciones no deseadas.

## 2.9. Limitaciones

El presente proyecto de fin de carrera tiene como limitación principal la selección de los expertos y su posterior disponibilidad de tiempo para la validación de la metodología. La selección quedara limitada a los investigadores principales del proyecto ProCal – ProSer por cuestiones de facilidad de comunicación y de acceso al proyecto.

## 2.10. Riesgos

En la Tabla 2.5. se presentan los riesgos, impactos y medidas correctivas que se identificaron para el presente proyecto.

Tabla 2.5. Riesgos, impactos y mitigaciones identificados para el proyecto

Riesgo identificado	Impacto en el proyecto	Medidas correctivas para mitigar
Falta de expertos en los temas del proyecto.	Alto	Realizar la búsqueda y selección de expertos con anticipación a la fecha crítica.
Indisponibilidad de expertos para llenado de planilla.	Alto	Coordinar anticipadamente con el experto correspondiente.

## 2.11. Justificación

En la literatura encontrada se ha podido revisar diversos estándares y modelos que tratan el tema de adquisición de software como parte de sus actividades o como parte integral de sus procesos principales, entre ellos a SA-CMM (2002), *CMMI for Acquisition* (2010), IEEE 1062 (1998), *Information Services Procurement Library* (ISPL s/f) e NTP-ISO/IEC 12207 (2006); sin embargo, todos estos modelos explican que actividades deberían realizarse y carecen de una guía metodológica que indique el cómo desarrollar dichas actividades (Vega 2012).

Además, durante la adquisición se presentan diversas falencias relacionadas con la etapa de análisis de sistemas de información, identificadas por diversos autores (Assman 2003; Simmons 1990; The Standish Group 2009), las cuales son factores determinantes para el éxito de la adquisición. Entre dichas falencias destacan nivel inapropiado de documentación de requisitos de Software y falta de participación de los usuarios durante la ingeniería de requisitos (Assman 2003), cambios constantes en los requisitos y los planes de prueba incompletos, falta de actividades que aseguren que los requisitos están bien definidos y que son trazables a través del diseño y desarrollo (Simmons 1990), falta de participación de los usuarios y una declaración clara de los requisitos de los usuarios y soporte de la gestión ejecutiva (The Standish Group 2009).

En consecuencia y particularizando para el caso de la aplicación de la adquisición durante la fase de análisis de sistemas de información del proceso de desarrollo, es escasa y necesaria la existencia de guías metodológicas que traten dicho tema con la finalidad de guiar tanto al adquirente como al proveedor en estas actividades desde que surge el acuerdo entre las partes hasta la finalización del análisis.

Por otro lado, existen propuestas de modelos que brindan buenas prácticas en la implementación de software y la gestión de proyectos y están orientados a las pequeñas empresas, tales como la ISO/IEC 29110 elevada a norma técnica peruana y que está basada en ISO/IEC 12207 (ISO/IEC 29110 2011). Lamentablemente, dichas propuestas no toman en cuenta actividades propias de la adquisición de software perdiendo consigo su aplicabilidad a pequeños contextos que según (Gasca 2010) comprenden el mayor porcentaje entre las micro, pequeña, mediana y gran empresa, lo cual se puede verificar a través de la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Distribución de empresas por tamaño. INEI (2013).

Micro-empresas	Pequeñas	Medianas	Grandes	Total
1,648,167	54,825	3,427	6,853	1,713,272
96.2%	3.2%	0.2%	0.4%	100%

Con respecto a las metodologías o guías metodológicas, y la implicancia de su realización, es necesario considerar su concepto como un sistema de prácticas, técnicas, procedimientos y reglas usadas por aquellos que trabajan en una disciplina, tal como indica PMBOK (2013). Otro concepto también aplicable es el de ISO/IEC 24744 (2007), que define a una metodología como una especificación de los procesos a seguir junto a los productos de trabajo a ser usados y generados, además de la consideración de la gente y las herramientas involucradas durante el esfuerzo de desarrollo.

De esta manera el esfuerzo realizado en el presente trabajo de fin de carrera busca abordar un tema carente de guía metodológica, con la finalidad de aplicar actividades de verificación y validación que aseguren la calidad del producto en favor de los adquirentes y proveedores que en conjunto formen parte de un pequeño contexto.

### 3. Marco de referencia

En este apartado se desarrollan los conceptos más importantes para la comprensión del proyecto de tesis. En primer lugar, se abarca los principales modelos y estándares relacionados a la adquisición de software enfocándonos en la verificación y validación de software. Luego, se ahonda en las técnicas de verificación y validación; y finalmente, se centra en los modelos para documentar metodologías. Lo que se busca a partir de estos conceptos, es comprender y definir un conjunto de propuestas relacionadas a la verificación y validación de software, para poder establecer las bases de una metodología aplicada al entorno de los pequeños contextos, que como ya se vio, están por lo general relacionados a las pymes.

#### 3.1. Ciclo de vida de la adquisición de software

El ciclo de vida de la adquisición representa el periodo de tiempo que comienza con la decisión de adquirir un producto software y termina cuando el producto ya no está disponible para su uso (IEEE 1062 1998).

De acuerdo con *CMMI for acquisition* (2010) el ciclo de vida de la adquisición comienza típicamente con una fase previa al contrato con el proveedor, continua a través de las fases de contrato y gestión del acuerdo con el proveedor y termina cuando el periodo de trabajo acordado con el proveedor termina, usualmente con la aceptación y termino de la garantía del producto y su transición a la organización.

El estándar IEEE 1062 establece una propuesta definida y completa con respecto al ciclo de vida de la adquisición, dicha propuesta establece las siguientes fases:

- **Fase de planeamiento:** Esta fase comienza cuando la idea o necesidad de adquirir software es establecida y finaliza con la realización de la licitación del producto software.
- **Fase de contratación:** Esta fase incluye las actividades necesarias para asegurar que los productos y servicios que ofrece el proveedor puedan satisfacer el criterio de calidad del adquiriente, esta fase se realiza antes de la firma del contrato.
- **Fase de implementación del producto:** Esta fase cubre el periodo desde la firma del contrato hasta que el producto software ha sido recibido. Durante esta fase es recomendable el monitoreo del esfuerzo del proveedor para asegurar que

todo el trabajo y los hitos están satisfactoriamente completados priorizando la entrega del producto software.

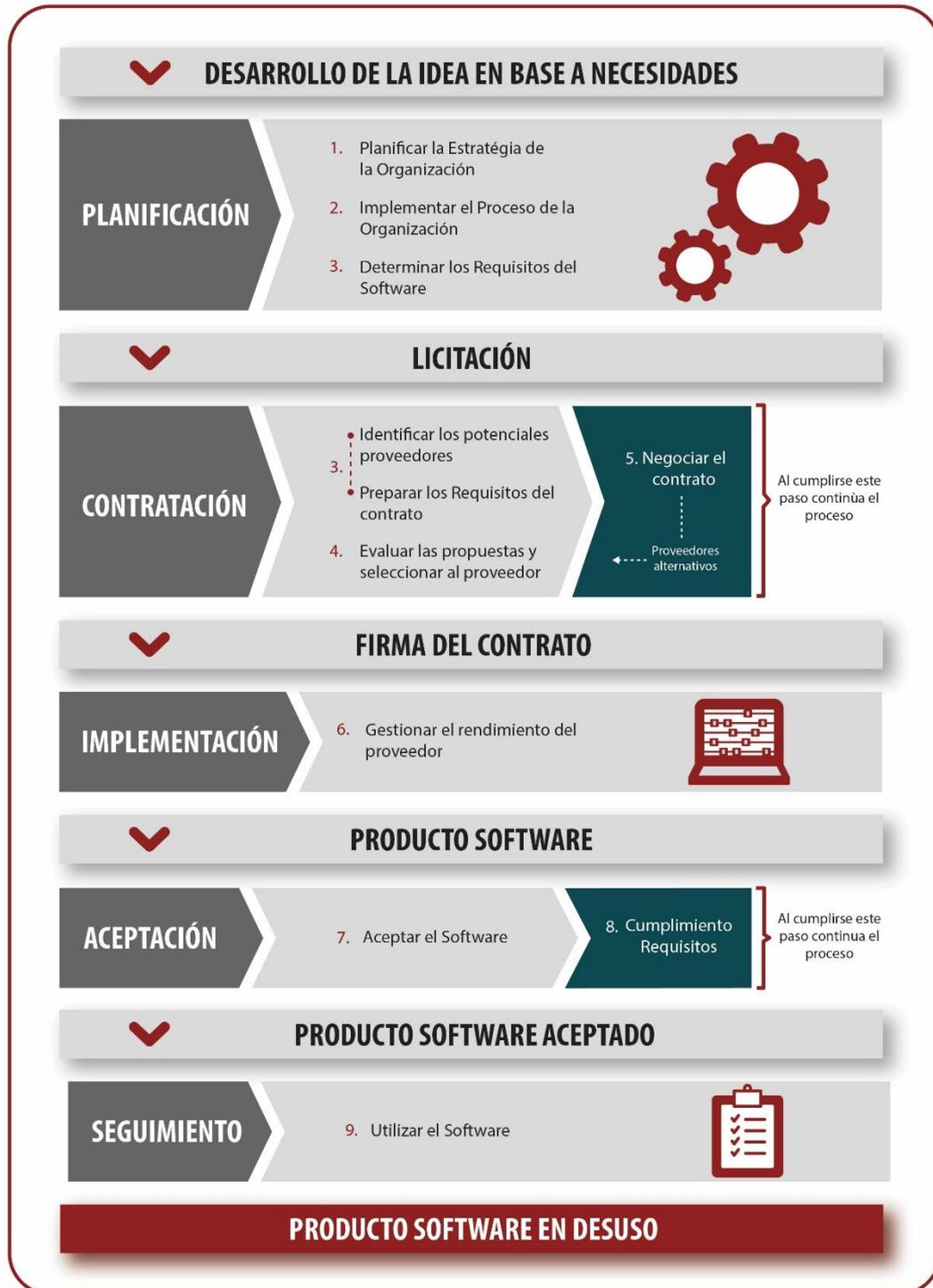


Figura 3.1. Proceso de adquisición de software según IEEE 1062. Basado en IEEE 1062.

- **Fase de aceptación del producto:** Esta fase incluye todas las actividades necesarias para evaluar, probar y aceptar el producto software. Empieza cuando

el producto software es recibido y termina cuando el producto software es aceptado.

- **Fase de seguimiento:** Esta fase se realiza después que el producto software es aceptado e incluye el uso del producto para cumplir los objetivos del adquirente y evaluar la satisfacción del usuario con el producto software, la documentación y el soporte las brinda el proveedor.

Este mismo estándar define un conjunto de pasos a través de los cuales se realiza el proceso de adquisición, además relaciona dichos pasos con cada una de las fases de la adquisición y propone hitos de inicio y fin para tales fases, la Figura 3.1 ilustra gráficamente el proceso de adquisición de software según IEEE1062 (1998).

### 3.1. Modelos y estándares relacionados con la adquisición de Software

Entre los principales modelos que abarcan el proceso de adquisición de software se toma en cuenta las propuestas de Svennberg (2001) y Gasca y Cuevas (2008).

#### 3.1.1. SA-CMM

*Software Acquisition Capability Maturity Model* es un marco de trabajo (*framework*) que ayuda a las organizaciones a evaluar y mejorar sus capacidades de adquisición de sistemas software (Svennberg 2001:16). Nació como un trabajo colaborativo de autores del gobierno, la industria y el Instituto de Ingeniería de software (*SEI*) financiado por la Oficina del Secretario de Defensa (2002). SA-CMM está estructurado en 5 niveles de madurez en los cuales se desarrollan determinadas áreas de procesos principales tal y como se aprecia en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Estructura de SA-CMM. SA-CMM (2002).

Nivel	Centrado en	Áreas de proceso principales
Optimización	Mejora continua del proceso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de innovación en adquisición</li> <li>• Mejora continua del proceso</li> </ul>
Cuantitativo	Gestión cuantitativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de adquisición cuantitativa</li> <li>• Gestión de procesos cuantitativos</li> </ul>

Nivel	Centrado en	Áreas de proceso principales
Definido	Estandarización del proceso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de programa de entrenamiento</li> <li>• Gestión de riesgos en adquisición</li> <li>• Gestión de desempeño de contrato</li> <li>• Gestión de desempeño de proyecto</li> <li>• Requerimientos de usuario</li> <li>• Definición de proceso y mantenimiento</li> </ul>
Repetible	Gestión básica del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transición a soporte</li> <li>• Evaluación</li> <li>• Seguimiento de contratos y evaluación</li> <li>• Gestión de proyectos</li> <li>• Gestión y desarrollo de requisitos</li> <li>• Solicitud</li> <li>• Planeamiento de adquisición de software</li> </ul>
Inicial	Esfuerzos y habilidades individuales del equipo de proyecto, el proceso de adquisición es ad hoc y en ocasiones caótico.	

### 3.1.2. CMMI for Acquisition (CMMI – ACQ)

Es una de las 3 constelaciones en la que se encuentra organizado el marco de trabajo CMMI que provee un conjunto integrado de buenas prácticas, provenientes del gobierno, la industria y el *Software Engineering Institute* (SEI), para adquirir productos y servicios Software (CMMI for acquisition 2010). CMMI for acquisition está basada en *CMMI Model Foundation* (CMF), *CMMI Acquisition Module* (CMA) y *Software Acquisition Capability Maturity Model* (SA-CMM) (Gasca y Cuevas 2008).

Según el propio modelo CMMI for acquisition (2010), este provee una guía para aplicar las mejores prácticas CMMI en una organización adquirente. Las mejores prácticas en el modelo se centran en actividades de iniciación y gestión de la adquisición de productos y servicios para satisfacer las necesidades de los clientes y usuarios finales. Aunque los proveedores pueden aportar artefactos útiles a los

procesos en CMMI *for acquisition* el modelo se centra en el proceso del adquirente; sin embargo, la constelación CMMI-DEV puede ser usada como referencia para las actividades del proveedor en una iniciativa de adquisición.

CMMI *for acquisition* está compuesto por dieciséis áreas de proceso correspondientes al modelo base de CMMI, además de otras seis áreas específicas de los procesos de adquisición. Según Gasca y Cuevas (2008), estas áreas están categorizadas en 5 áreas de proceso principales donde los procesos de Adquisición - ACQ son el más alto nivel que contiene el modelo y las demás áreas de proceso (Gestión de Procesos, Gestión del Proyecto y Soporte) estructuran la solidez del modelo CMMI – ACQ.



Figura 3.2. Áreas de proceso principales de CMMI *for acquisition*. Tomado de Gasca y Cuevas 2008, pp.121.

### 3.1.3. IEEE 1062 *Recommended Practice for Software Acquisition*

El estándar IEEE 1062 describe una práctica que puede utilizarse para la adquisición de cualquier producto Software o plataforma computacional independiente a su tamaño, complejidad y criticidad. Para su aplicación cada organización necesita identificar la clase de Software implicado, sus características y las actividades a ser incluidas en el proceso de adquisición (IEE 1998).

Su estructura está compuesta por 5 fases que representan el ciclo de vida de adquisición del Software, estas fases a su vez están compuestas por 9 pasos que componen el proceso de adquisición tal como se puede ver en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Fases del ciclo de vida de adquisición de IEEE 1062. Gasca y Cuevas (2008).

Fase de planificación		
Inicio	Fin	Paso del proceso
Desarrollo de la idea	Llamada para propuesta actualizada	1. Planificación de la estrategia de la organización. 2. Implementación del proceso de la organización. 3. Definición de los requisitos del software
Fase de contratación		
Actualización de la llamada para propuesta	Contrato firmado	4. Identificación de los potenciales proveedores. 5. Preparación de los requisitos del contrato. 6. Evaluación de las propuestas y selección del proveedor.
Fase de implementación del Software		
Firma del contrato	Recepción del software	7. Gestión del desempeño del proveedor
Fase de aceptación del Software		
Recibimiento del software	Aceptación del software	8. Aceptación del software
Fase de acompañamiento		
Aceptación del software	Retiro del Software	9. Utilización del software

#### 3.1.4. *Information Services Procurement Library (ISPL)*

ISPL es un conjunto de mejores prácticas para la gestión de los procesos de adquisición que fue desarrollado a partir de *Euromethod* con el permiso de la comisión Europea y tiene como objetivo ayudar a gestionar los contratos de adquisición (ISPL).

Asimismo, puede ser considerado como un enfoque soportado por la aplicación de la experiencia práctica que está basado en las mejores prácticas de contratos de servicios de TI de gran escala en el sector privado y público de Europa. Tiene como

procesos principales el proceso de adquisición y el proceso de obtención (Singh 1995).

Ofrece un conjunto de libros, herramientas y servicios para ayudar a clientes y proveedores a gestionar la adquisición y prestación de servicios.

### 3.1.5. ISO/IEC 12207 *Information Technology/Software Life Cycle Processes*

La ISO/IEC 12207 es un estándar cuya primera edición fue publicada en 1995 con la colaboración del *Joint Technical Committee (JTC1)* y establecido ante la necesidad de crear un marco de trabajo para la gestión y la ingeniería de software. Este estándar tiene como objetivo obtener un producto o servicio que satisfaga la necesidad expresada por el cliente (Singh 1995).

De acuerdo a Gasca y Cuevas (2008) ISO/IEC 12207 colabora con la definición de roles en la producción de software, así como facilita el entendimiento de las actividades y operaciones del software en las organizaciones. Establece una arquitectura de alto nivel para el ciclo de vida del software que abarca desde la concepción hasta la discontinuidad del mismo y está estructurada en procesos en donde cada proceso está definido mediante actividades y estas a su vez están definidas por tareas.

Tabla 3.3. Estructura del Estándar ISO/IEC 12207. ISO/IEC 12207 (2008).

Grupo de Procesos	Procesos
Procesos principales del ciclo de vida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquisición</li> <li>• Suministro</li> <li>• Desarrollo</li> <li>• Operación</li> <li>• Mantenimiento</li> </ul>
Procesos de apoyo del ciclo de vida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentación</li> <li>• Gestión de la configuración</li> <li>• Aseguramiento de la calidad</li> <li>• Verificación</li> <li>• Validación</li> <li>• Revisión conjunta</li> <li>• Auditoria</li> <li>• Solución de problemas</li> </ul>

Grupo de Procesos	Procesos
Procesos organizativos del ciclo de vida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión</li> <li>• Mejora</li> <li>• Infraestructura</li> <li>• Recursos Humanos</li> </ul>

Cabe resaltar que este estándar toma en cuenta el proceso de adquisición como parte de sus procesos principales del ciclo de vida, sus actividades son: Inicio, preparación de la solicitud de propuestas, preparación y actualización del contrato, seguimiento del proveedor y aceptación y finalización, descritos en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Estructura del Proceso de adquisición para el Estándar ISO/IEC 12207.  
ISO/IEC 12207 (2008).

Actividad	Descripción
Inicio	Se describe la necesidad de adquirir, desarrollar o mejorar un sistema, definición y análisis de requisitos, selección de opción de adquisición y plan de adquisición.
Preparación de la solicitud de propuestas	Se ven temas como documentación de la adquisición, entrega de requisitos al proveedor.
Preparación y actualización del contrato	Está conformada por una selección de proveedores, evaluación de propuestas, contrato con el proveedor y modificación del contrato.
Seguimiento del proveedor	Se desarrollan la supervisión de actividades del proveedor a través de revisión conjunta o auditoria complementadas con el proceso de verificación y validación.
Aceptación y finalización	Actividad conformada por los criterios de aceptación, revisiones y pruebas de aceptación.

### 3.2. Técnicas de verificación y validación

Siendo las pruebas las principales tareas relacionadas con los procesos de verificación y validación INTECO (2009), utilizadas para la eliminación de errores, en

las siguientes líneas clasificaremos y detallaremos las diferentes técnicas de pruebas que existen.

De acuerdo a la guía de validación y verificación de INTECO (2009) las técnicas de Pruebas se clasifican en *pruebas estáticas* y *pruebas dinámicas* en donde estas son complementarias. La diferencia entre ambos tipos de prueba es que las pruebas dinámicas ejecutan el software introduciendo valores de entrada y contrastando la salida con valores esperados, mientras que las pruebas estáticas se aplican al software, documentación, modelos y especificaciones, para buscar defectos sin ejecutar código o para evaluar documentación referente a requisitos, diseño, planes de prueba y manuales de usuario, estando las primeras relacionadas a la validación y las otras a la verificación (INTECO 2009).

### i) Técnicas de pruebas dinámicas (INTECO 2009)

**i-1) Basadas en especificación:** También conocidas como pruebas de Caja negra, debido a que no se tiene un conocimiento de cómo está estructurado el software y lo tratan como una caja negra con entradas y salidas. Obtienen los casos de prueba directamente de las especificaciones, las técnicas basadas en especificación se describen en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Técnicas de pruebas dinámicas basadas en especificación. INTECO (2009).

Técnica de prueba dinámica basada en especificación	Descripción
Particionamiento de equivalencia	Consiste en dividir un conjunto de condiciones de prueba en grupos o conjuntos que puedan ser considerados iguales por el sistema. Esta técnica requiere probar sólo una condición para cada partición, es decir se asume que si falla o funciona una condición de la partición, todas funcionarán o fallarán respectivamente.
Análisis de valor frontera	Se asume que los errores generados por los programadores tienden a agruparse alrededor de las fronteras de los valores de entrada.

Técnica de prueba dinámica basada en especificación	Descripción
Tablas de decisión	Es una forma de probar que todas las combinaciones de las condiciones que puedan ocurrir han de ser probadas listando todas las condiciones de entrada y todas las acciones que puedan surgir de ellas.
Transición de estados	Usada cuando alguno de los aspectos del sistema se puede describir mediante una “máquina de estados finitos”. Cualquier sistema en el que se pueda conseguir diferentes salidas con la misma entrada, dependiendo de lo que haya pasado antes, es un sistema de estados finitos representable por un diagrama de estados.
Pruebas de Casos de Uso	Casos de prueba obtenidos de los casos de uso, más útiles para encontrar defectos en el uso real del sistema debido a que los casos de uso describen el uso más probable del sistema.

**i-2) Basadas en estructura:** También denominadas pruebas de caja blanca. Las pruebas se derivan a partir del conocimiento de la estructura e implementación de Software para asegurar un mayor rango de pruebas, las técnicas basadas en estructura se describen en el siguiente cuadro.

Tabla 3.6. Técnicas de pruebas dinámicas basadas en estructura. INTECO (2009).

Técnica de prueba dinámica basada en estructura	Descripción
Pruebas de sentencia	Se trata de ir probando las distintas sentencias a lo largo del código. Si se prueban todas y cada una de las sentencias ejecutables del código, habrá una cobertura de sentencia total.
Pruebas de decisión	El objetivo de estas pruebas es asegurar que las decisiones en un programa son realizadas adecuadamente. Para probar una decisión, es

Técnica de prueba dinámica basada en estructura	Descripción
Pruebas de decisión	necesario ejecutarla cuando la condición que tiene asociada es verdadera y también cuando es falsa. Si se prueba el total de las decisiones habrá una cobertura de decisiones total.
Pruebas de caminos	Las pruebas de caminos son una estrategia de pruebas estructurales cuyo objetivo es probar cada camino de la ejecución independientemente. En todas las sentencias condicionales se comprueban los casos verdadero y falso.

**i-3) Basadas en experiencia:** Técnicas basadas en la experiencia de los usuarios y de los técnicos de pruebas. Se recurren a ellas cuando no hay una especificación adecuada, y por lo tanto no es posible crear casos de prueba ni hay tiempo suficiente para ejecutar la estructura completa del paquete de pruebas.

## ii) Técnicas de pruebas estáticas (INTECO 2009)

**ii-1) Revisiones:** Consiste en realizar un análisis de un documento al principio del ciclo de vida del producto Software con el objetivo de encontrar y eliminar errores de forma más fácil y barata, los tipos de revisiones en función a su formalidad, entendida como nivel de estructura y documentación asociada con la revisión, se describen en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7. Tipos de revisiones. INTECO (2009).

Tipo de Revisión	Descripción
Informal	Es la revisión sin ningún proceso formal a seguir, implementable mediante revisión de pares donde uno revisa el código o documento del otro.
<i>Walkthrough</i>	Revisión usada en primeras etapas, no tiene procedimiento definido, usualmente el autor del contenido guía y explica, al resto de participantes, el documento paso a paso hasta llegar a un consenso en los cambios y el resto de la información.

Tipo de Revisión	Descripción
Revisión técnica	Es una reunión que se centra en conseguir consenso sobre el contenido técnico de un documento, con el objetivo de evaluar el valor de conceptos técnicos y alternativas del entorno del proyecto y del propio producto. Es dirigida por un experto técnico.
Inspección	Es el tipo de revisión más formal. El documento bajo inspección es preparado y validado por revisores antes de la reunión, se compara el producto con sus fuentes y otros documentos, y se usan listas de comprobación. En la reunión de la inspección se registran los defectos encontrados y se pospone toda discusión para la fase de discusión.

**ii-2) Análisis estático:** Tiene como objetivo encontrar defectos en el código fuente y en los modelos del software después que el código está escrito, teniendo a las inspecciones como actividad principal.

### iii) Otras Técnicas de verificación y validación

A continuación se presentan otras técnicas de verificación y validación orientadas a la fase de análisis, y más específicamente relacionadas con los requerimientos. También se puede incluir en este conjunto de técnicas a todos los tipos de revisiones mencionadas en las técnicas de pruebas estáticas.

#### iii-1) Técnicas de verificación

**a) Revisión entre pares:** De acuerdo con Gendreau et al. (2007), una revisión entre pares es una categoría de revisión en la que el autor y algunos colegas (revisores), evalúan el contenido técnico y la calidad de un producto de trabajo.

Además, según *CMMI for acquisition* (2010), la verificación constituye una importante herramienta que tiene probada efectividad y a su vez un mecanismo para encontrar defectos tempranamente y removerlos a través de la retroalimentación resultante de la presentación a las partes interesadas.

### iii-2) Técnicas de validación

**a) Prototipos:** Un prototipo es un modelo de aplicación del sistema que permite a los interesados en el proyecto identificar y comprender los requisitos y dependiendo de la calidad del prototipo permite también probar y experimentar los requisitos con la finalidad de identificar y analizar defectos y conflictos, por otro lado colabora con centrarse en problemas y decisiones específicas y puede complementarse con especificaciones del sistema por escrito (Pohl 2010).

La realización de prototipos tiene como factor a favor que es altamente efectivo en la detección de defectos y tiene como factor en contra el esfuerzo y tiempo invertido en su implementación (Pohl 2010).

**b) Animación:** La animación es una técnica bien establecida que consiste en mostrar como un modelo ejecutable de un sistema basado en software se comporta en respuesta a eventos externos y a entradas de usuario, dicho modelo ejecutable es construido a partir de los requisitos y especificaciones de software (Tran Van 2004).

La técnica de animación tiene como factor a favor que facilita la detección de errores y omisiones mediante la observación y control de la ejecución de un escenario específico y tiene como factor en contra el esfuerzo necesario para la implementación y apuro en la toma de decisiones del diseño (Laloti 1997).

**c) Pruebas de requisitos:** Las pruebas de requisitos tienen como objetivo validar los requisitos contenidos en el documento de especificación de requisitos de software (ERS) mediante la definición de casos de prueba por cada requerimiento presente en la ERS, de esta manera se identifican requisitos ambiguos o incompletos ya que la dificultad de la elaboración de un caso de prueba indica la presencia de algún problema, tienen un proceso definido y también conocidos como casos de prueba conducidos por inspecciones (Uzair Akbar 2009).

La ventaja de realizar pruebas de requerimientos es que los casos de prueba elaborados en el proceso pueden ser usados posteriormente en las pruebas del sistema y tiene como desventaja que implica un costo significativo, ya que involucra recurso humano calificado en pruebas desde etapas tempranas (Uzair Akbar 2009).

**d) Orientación a puntos de vista:** Para entender el concepto y las ventajas que ofrece esta técnica se define brevemente algunos conceptos basados en (Uzair Akbar 2009).

- Universo de discurso: Se refiere al contexto en que el software es desarrollado, incluyendo la información y la gente involucrada en el desarrollo.
- Actores: Es la gente involucrada en el universo de discurso, son de 2 tipos del lado demandante (clientes) y del lado del proveedor (gestores de proyecto, ingenieros de requerimientos, programadores, encargados de pruebas).
- Punto de vista: Es definido como la postura o posición de un individuo (actor) cuando examina u observa el universo de discurso.
- Perspectiva: Son un conjunto de hechos que son observados y modelados de acuerdo a un particular punto de vista o aspecto del modelo.
- Vista: Es la integración de perspectivas.
- Jerarquías: Se usan en el universo de discurso y son de dos tipos: *es-una* jerarquía de conceptos y *partes de* jerarquía de conceptos.
- Lenguaje de punto de vista: Se refiere al lenguaje que es usado para representar puntos de vista.

Como ejemplo de aplicación se trata el caso de 2 analistas que modelan el universo de discurso usando 3 perspectivas y 2 jerarquías, las 3 perspectivas son la información, el modelo y el actor. Estas perspectivas son analizadas, generando discrepancias y tipos de discrepancia, luego las discrepancias son integradas en 2 vistas que son comparadas para detección de errores y completitud (Uzair Akbar 2009).

Esta técnica de validación tiene como ventaja la identificación de requisitos en conflictos basados en puntos de vista e implica que los requisitos no deben ser considerados desde una única perspectiva, tiene como desventaja que no existe

mucho trabajo realizado en esta área, por lo que es probable que requiera recurso humano especializado (Uzair Akbar 2009).

**e) Desk-checks:** Consiste en la revisión de un artefacto de requisitos o de Software por parte de un conjunto de interesados en el proyecto o por el mismo autor, con la finalidad de detectar defectos o problemas, posteriormente estos defectos son discutidos en sesión grupal opcionalmente, como factor a favor se tiene la retroalimentación de los revisores y como factor en contra el compromiso necesario de los participantes (Pohl 2010).

### 3.3. Modelos para documentar metodologías

A continuación se presentan algunos modelos y notaciones cuya revisión facilitará la elaboración del presente trabajo como ejemplos a seguir en la construcción de metodologías, utilización como herramienta de modelado, entre otros.

#### 3.3.1. Métrica V3

Métrica versión 3 es una Metodología de Planificación, Desarrollo y Mantenimiento de sistemas de información que ofrece a las organizaciones un instrumento útil para la sistematización de las actividades que dan soporte al ciclo de vida del Software (Ministerio de administraciones públicas: 2001). Está basada principalmente en el estándar ISO/IEC 12207 *Information technology – Software life cycle processes*, aunque también mantiene una referencia a los estándares ISO/IEC TR 15504/SPICE, UNE-EN-ISO 9001:2000, UNE-EN-ISO 9000:2000 y IEEE 610.12-1.990.

Su estructura comprende 3 procesos principales (Planificación, Desarrollo y Mantenimiento) e interfaces (Gestión de Proyectos, Aseguramiento de la Calidad, Seguridad y Gestión de Proyectos) cuyo objetivo es dar soporte al proyecto en los aspectos organizativos, además Métrica Versión 3 descompone cada uno de sus procesos en actividades, y éstas a su vez en tareas, en donde se hace referencia a acciones, productos, técnicas, prácticas y participantes de la tarea.

A continuación se detalla brevemente los procesos e interfaces de Métrica Versión 3 (Ministerio de administraciones públicas: 2001)

- **Planificación de Sistemas de Información**

Este proceso tiene como objetivo establecer un marco de referencia estratégico para el área u ámbito de la organización vinculada al desarrollo de sistemas de información

con la finalidad de alinearlas para cumplir con los objetivos estratégicos de la organización a través de la elaboración de una arquitectura de información y un plan de proyectos informáticos.

Para lograr lo antes mencionado se hace necesaria la colaboración de los responsables de la visión estratégica de la organización y los responsables de Sistemas de información y TI que enriquezcan dicha visión.

Como productos de este proceso se tienen:

- Catálogo de requisitos de PSI
- Arquitectura de información, compuesta por:
  - Modelo de información.
  - Modelo de sistemas de información.
  - Arquitectura tecnológica.
  - Plan de proyectos.
  - Plan de mantenimiento del PSI.

#### ● **Desarrollo de Sistemas de Información**

El proceso de desarrollo en métrica V3 cubre desde la viabilidad previa al análisis de sistemas de información hasta la instalación del software a través de 5 subprocesos descritos a continuación (MAP 2001):

- **Estudio de Viabilidad del Sistema (EVS):** Se realiza análisis de necesidades con la finalidad de determinar si un proyecto se realiza o no, para esto se toman en cuenta alternativas de solución, impacto en la organización, inversión y riesgos asociados.

- **Análisis del Sistema de Información (ASI):** Tiene como propósito conseguir la información detallada del sistema de información a través de un catálogo de requisitos y modelos que cubran las necesidades de información de los usuarios para los que se desarrollará el sistema de información.

- **Diseño del Sistema de Información (DSI):** Busca obtener la definición de la arquitectura del sistema y del entorno tecnológico que le dará soporte, junto con la especificación detallada de los componentes del sistema de información.

- **Construcción del Sistema de Información (CSI):** Tiene como objetivos la construcción y prueba de los distintos componentes del sistema de información, a

partir del conjunto de especificaciones lógicas y físicas del mismo, obtenido en el Proceso de Diseño del Sistema de Información.

**- Implantación y Aceptación del Sistema (IAS):** Este proceso tiene como objetivo principal, la entrega y aceptación del sistema en su totalidad y como segundo objetivo que es llevar a cabo las actividades oportunas para el paso a producción del sistema.

- **Mantenimiento de Sistemas de Información**

La finalidad de este proceso es la obtención de una nueva versión de un sistema de información a partir de las peticiones de mantenimiento que los usuarios realizan con motivo de un problema detectado en el sistema o por la necesidad de una mejora del mismo.

Los productos de este proceso se presentan a continuación:

- Catálogo de peticiones de cambio.
- Resultado del estudio de la petición.
- Propuesta de solución.
- Análisis de impacto de los cambios.
- Plan de acción para la modificación.
- Plan de pruebas de regresión.
- Evaluación del cambio.
- Evaluación del resultado de las pruebas de regresión.

- **Interfaces de Métrica V3**

Existen con la finalidad de dar soporte al proceso de desarrollo y a los productos en el caso se necesite de un refuerzo especial en alguno de los aspectos que abarcan, la Tabla 3.8. describe cada una de las Interfaces de la metodología.

Tabla 3.8. Interfaces de Métrica Versión 3. Ministerio de Administraciones Públicas (2001).

Nombre de la Interfaz	Descripción
Gestión de Proyectos (GP)	Tiene como finalidad principal la planificación, el seguimiento y control de las actividades, así como de los recursos humanos y materiales que intervienen en el desarrollo de un Sistema de

Nombre de la Interfaz	Descripción
<p>Gestión de Proyectos (GP)</p>	<p>Información para acelerar la detección y corrección de problemas.</p> <p>Las actividades que lo conforman se dividen en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividades de Inicio de proyecto (GPI)</li> <li>• Actividades de Seguimiento y Control (GPS)</li> <li>• Actividades de Finalización del Proyecto</li> </ul>
<p>Seguridad (SEG)</p>	<p>Contempla el análisis de riesgos lógicos para obtener mecanismos de seguridad adicionales a los propuestos a lo largo de la metodología y así conseguir sistemas de información seguros.</p> <p>Utiliza MAGERIT como metodología de análisis y gestión de riesgos.</p> <p>Cuenta con 2 tipos de actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividades relacionadas con la seguridad intrínseca del sistema de información.</li> <li>• Actividades que velan por la seguridad del propio proceso de desarrollo del sistema de Información.</li> </ul>
<p>Aseguramiento de la calidad (CAL)</p>	<p>Proporciona un marco común de referencia para la definición y puesta en marcha de planes específicos de aseguramiento de calidad aplicables a proyectos concretos.</p> <p>Las actividades de esta interfaz están orientadas a verificar la calidad de los productos a través de grupos de asesoramiento de la calidad independientes de los responsables de la obtención de los productos.</p> <p>Las actividades de esta interfaz ayudan a Reducir, eliminar y prevenir las deficiencias de calidad de los productos y a alcanzar una razonable confianza por parte del cliente y/o usuario.</p>
<p>Gestión de la Configuración (GC)</p>	<p>Aplica procedimientos administrativos y técnicos durante el desarrollo del sistema de información y su posterior</p>

Nombre de la Interfaz	Descripción
Gestión de la Configuración (GC)	<p>mantenimiento para identificar, definir, proporcionar información y controlar los cambios en la configuración del sistema, así como las modificaciones y versiones de los mismos.</p> <p>Este proceso permitirá conocer el estado de cada uno de los elementos de configuración, controlando adecuadamente los cambios y versiones de los productos que se manejan.</p> <p>Las necesidades de gestión de configuración de un sistema de información se recogen en el plan de gestión de configuración.</p>

### 3.4. Conclusión

A través de los apartados anteriores se ha podido apreciar una gama de propuestas de adquisición, compuesta por normas, estándares y marcos de trabajo. Asimismo se identificó y definió un conjunto de técnicas de verificación y validación, clasificadas en estáticas, dinámicas y otras, incluyendo esta última clasificación el conjunto de técnicas de verificación y validación orientada a los requisitos, dichas técnicas son materia de comparación para su incorporación a la metodología en apartados posteriores, al igual que las propuestas de adquisición ya mencionadas.

Por último, en esta sección también se incluyeron modelos para documentar metodologías consideradas para el presente proyecto. Cabe resaltar que fue necesario tratar cada uno de esos temas con el objetivo de lograr una clarificación en sus conceptos debido al uso y referencia posterior que se hace de ellos, de tal manera que se identifique y reconozcan estos temas y sus componentes a lo largo de la metodología planteada.

#### 4. Estado del arte

El objetivo de la revisión del estado del arte es profundizar sobre las diferentes propuestas de solución que se han planteado a la fecha acerca de temas relacionados al presente proyecto, tales como: metodologías de adquisición de software, metodologías de verificación y validación, fase de análisis de sistemas de información y adquisición en pymes desarrolladoras y/o pequeños contextos, que dan un acercamiento a la solución del problema identificado.

Se empleó el mapeo sistemático en el área de interés correspondiente para la obtención de la literatura que compone la bibliografía, se detalla en el capítulo 2, como método para la revisión del estado del arte.

##### 4.1. Metodología para el aseguramiento de la calidad en la adquisición de software (proceso y producto) y servicios correlacionados. (MACAD-PP)

MACAD-PP es una metodología desarrollada por Vianca Rosa Vega Zepeda (2012) como producto final de una tesis doctoral. Dicha tesis busca solucionar el problema de la baja calidad en la obtención de un producto Software debido a la baja calidad en el proceso de desarrollo del proveedor.

La solución está basada en la incorporación de buenas prácticas de reconocidos modelos y estándares de gestión de calidad en el desarrollo del software, tales como ISO 9126, PRINCE2 y estándares relacionados con la adquisición de software, principalmente CMMI *for acquisition* a través de ellos se establece una metodología especificada mediante roles, actividades, etapas y tareas a realizar por parte del adquiriente y del proveedor (Zepeda 2012).

MACAD-PP es planteada como una propuesta que implementa una guía detallada de qué actividades realizar y cómo desarrollar cada una de ellas, tomando en cuenta el tipo de proyecto, el tipo de producto y si este se realizará *insourcing* o *outsourcing*.

Esta metodología fue validada a través de su aplicación en un caso real de adquisición de un producto software a la medida de un jardín infantil que reporto una mejora en el proceso de adquisición, menor número de errores y mayor satisfacción del cliente.

#### **4.2. Marco Metodológico y tecnológico para la mejora de las actividades de verificación y validación de productos software**

El marco metodológico fue desarrollado por Ana Sanz Esteban (2012) como producto final de una tesis doctoral.

Tiene como finalidad definir un conjunto de buenas prácticas orientado al desarrollo de las actividades de verificación y validación de productos software que permita implantar y ejecutar un proceso de pruebas eficiente a través de la formación y gestión de equipos de prueba eficientes con el consecuente incremento de la calidad del proceso de pruebas software y de los productos intermedios y finales.

Esta propuesta es escalable con la finalidad de ser aplicable a organizaciones de todo tamaño debido a la modularidad de los procesos que define, permitiendo la aplicación de los procesos que se ajusten a las necesidades de cada organización.

La estructura de este marco metodológico está basada en la aplicación de un modelo de procesos para las actividades de verificación y validación de productos software y un modelo de competencias que permite identificar los roles, sus actividades y los conocimientos requeridos para desempeñar dichos roles.

La validación de esta metodología consta de dos partes, para el caso del modelo de procesos de verificación y validación se validó experimentalmente, a través de la comparación de dos grupos de proyectos software de similares características, en donde se aplicó a uno de ellos los procesos definidos en el modelo de procesos de verificación y validación. Para el caso del modelo de competencias se usaron encuestas. De esta manera se comprobó el aporte en mejora de calidad de productos y la adecuación del modelo de competencias a las necesidades organizacionales.

#### **4.3. Un análisis crítico comparativo de modelos y estándares relacionados con la adquisición de software**

Este artículo es elaborado por Gloria Piedad Gasca Hurtado y Gonzálo Cuevas Agustín (2008) de la Universidad Politécnica de Madrid, en él se presenta un conjunto de modelos y estándares relacionados a la adquisición de software.

En el estudio se presentan las características asociadas a la adquisición de software de cada propuesta mediante una estructura que consta de definición, alcance,

filosofía y estructura; además se concluye con un análisis basado en la orientación, alineación y sincronización de cada propuesta.

Los modelos y estándares presentados son: ISO/IEC 12207 *Information Technology/Software Life Cycle Processes*, IEEE 1062 *Recommended Practice for Software Acquisition*, ISO/IEC 15504 *Software Process Improvement and Capability Determination*, ISO 9126 *International Standard for the Evaluation of Software* y *Capability Maturity Model Integration for Acquisition (CMMI for acquisition)*.

#### **4.4. Conclusiones sobre el estado del arte**

Como se ha podido apreciar a través de las diversas soluciones planteadas existen ciertas guías metodológicas y comparativas elaboradas en torno a algunos de los temas tratados en el presente proyecto de fin de carrera; sin embargo, y dada la particularidad del tema a tratar se hace necesario analizar y profundizar más en la relación existente en estos temas, sin dejar de lado el aporte de estos proyectos, con la finalidad de establecer una metodología práctica, funcional y con una base teórica sólida.

## 5. Resolución

### 5.1. Comparación de estándares y marcos de trabajo de adquisición de software y su aplicabilidad a pequeños contextos

El objetivo de este apartado es mostrar un cuadro comparativo de las diferentes propuestas de adquisición de software identificadas, y a su vez, a través de los criterios de dicha comparación, mostrar la aplicabilidad a pequeños contextos. Además, la revisión para la realización de dicha comparativa, permitió determinar e identificar las buenas prácticas presentes en las propuestas de adquisición, a partir de las cuales se definen las actividades, tareas, entradas y salidas propias de la metodología (Ver Tabla 5.1). A continuación la definición de los criterios usados basados en Gasca y Cuevas (2008) y Mendoza Ortiz (2009).

- **Orientación:** Este criterio muestra la dirección o disposición del alcance o la filosofía que tiene cada estándar. Se debe tener en cuenta que dicha orientación ha sido analizada desde la perspectiva de la adquisición de software.
- **Ámbito de aplicación:** Es un criterio que permite delimitar el uso de un modelo de adquisición de software, es decir si su aplicación es aplicable solo al contexto de la adquisición o engloba otros temas; si está diseñado para grandes o pequeñas organizaciones; si es una norma o puede ser adaptado y si se relaciona con algún modelo de referencia de procesos en particular.
- **Facilidad de comprensión:** Este criterio permite medir la complejidad de la propuesta de adquisición a través de la amplitud de una propuesta de adquisición, es decir que tan extenso es el documento que describe la propuesta.
- **Adaptable a pymes:** Este criterio permite determinar si una propuesta de adquisición ha sido desarrollada tomando en cuenta, para su aplicabilidad, características como: simpleza en estructura, extensión, variedad de roles, características de los proyectos a los que aplica (complejidad, duración, cantidad de integrantes) y disponibilidad del documento de la propuesta.
- **Critica:** Permite conocer los debilidades y fortalezas de cada una de las propuestas de adquisición de software, así como en qué grado incluyen el proceso de adquisición.

Tabla 5.1. Tabla comparativa de estándares y marcos de trabajo de adquisición de software y su aplicabilidad a pequeños contextos. SA-CMM (2002); CMMI for acquisition (2010); IEE Std. 1062 (1998); NTP-ISO/IEC 12207 (2006); Johan C. (2005); Gasca y Cuevas (2008).

Propuesta/ criterio	SA-CMM	CMMI ACQ	IEEE 1062	ISPL	ISO/IEC 12207
<b>Orientación</b>	Mejorar las capacidades de adquisición a través de 5 niveles de madurez.	Diseñado especialmente para la adquisición de Software y servicios, también trata la gestión de mejora de procesos relacionados a la adquisición.	Estandarización del proceso de adquisición con 9 pasos específicos.	Guiar en la gestión del proceso de adquisición relacionado a TI.	Ciclo de vida que incorpora la preparación del proceso de adquisición.
<b>Ámbito de aplicación</b>	Aplicable sólo a adquisición; es un marco de trabajo	Aplicable sólo a adquisición; basado en SA-CMM; es un marco de trabajo.	Aplicable sólo a adquisición; es un estándar.	Aplicable sólo a la adquisición, se recomienda su uso con ITIL para Gestión de servicios de TI y PRINCE2 para Gestión de proyectos; es un marco de trabajo.	Aplicable principalmente al desarrollo de Software, también a adquisición y gestión de calidad; es un estándar.

Propuesta/ criterio	SA-CMM	CMMI ACQ	IEEE 1062	ISPL	ISO/IEC 12207
<b>Facilidad de comprensión.</b>	Más de 130 hojas que describen las áreas de proceso y actividades de la propuesta de adquisición de Software.	Más de 400 hojas que definen el modelo y las prácticas y actividades de la propuesta de adquisición de Software.	Consta de 49 hojas que describen los 9 pasos y 3 anexos con líneas guías y listas de comprobación que ayudan al proceso de adquisición.	Más de 110 hojas en la versión recopilatoria en inglés incluyendo plantillas de entregables.	Más de 150 hojas en la norma técnica peruana basada en el estándar; sin embargo alrededor de 8 páginas hacen referencia a la adquisición.
<b>Adaptable a pymes</b>	<p>Adaptabilidad complicada:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abarca el proceso de adquisición a través de 5 niveles de madurez que progresivos que contienen áreas de proceso para lograr ciertos objetivos, tiene extensión media.</li> <li>• No define otros roles además de Adquiriente y</li> </ul>	<p>Adaptabilidad complicada:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abarca el proceso de adquisición a través de 5 niveles de madurez (nivel de los procesos en la organización) y 4 niveles de competencia (nivel de un área de proceso en la organización) progresivos, cada nivel de madurez está formado por áreas de proceso para lograr ciertos</li> </ul>	<p>Adaptabilidad accesible:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abarca el proceso de adquisición de manera estructurada y concisa, a través de 9 pasos distribuidos en 5 fases.</li> <li>• No define otros roles además de Adquiriente y Proveedor.</li> <li>• No detalla características de duración, complejidad o número de integrantes</li> </ul>	<p>Adaptabilidad moderada:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abarca el proceso de adquisición a través de 5 fases soportadas en diversas técnicas que colaboran en dicho proceso, también define planes y roles, tiene extensión media.</li> <li>• Define un conjunto de roles orientados a la</li> </ul>	<p>Adaptabilidad accesible:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abarca la adquisición, a través de 5 actividades, de manera breve y genérica pero completa.</li> <li>• No define otros roles además de Adquiriente y Proveedor.</li> </ul>

Propuesta/ criterio	SA-CMM	CMMI ACQ	IEEE 1062	ISPL	ISO/IEC 12207
<b>Adaptable a pymes</b>	<p>Proveedor y está centrada en el Adquiriente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Debido a que está diseñada para ser de uso genérico necesita ser adaptada al tipo de organización específica y no detalla características de duración, complejidad o número de integrantes de los proyectos de adquisición, guía al adquiriente a través del cumplimiento y progresión de niveles de madurez.</li> <li>Documento gratuito.</li> </ul>	<p>objetivos específicos mediante prácticas específicas (contiene productos de trabajo y entregables del proveedor), también poseen objetivos genéricos que comparte con otras áreas de proceso y sus correspondientes prácticas, es de gran extensión.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>No define otros roles además de Adquiriente y Proveedor.</li> </ul> <p>Debido a que fue desarrollada por varios esfuerzos del gobierno americano y grandes empresas privadas, representa un conjunto</p>	<p>de los proyectos a los que aplica, guía al adquiriente mediante checklist con criterios de cada fase para obtener su propio proceso de adquisición.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Documento no es gratuito.</li> </ul>	<p>gestión – contrato y al servicio.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>No detalla características de duración, complejidad o número de integrantes de los proyectos a los que aplica.</li> <li>Documento no es gratuito.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No detalla características de duración, complejidad o número de integrantes de los proyectos a los que aplica, deja la selección de actividades y tareas al Adquiriente.</li> <li>Documento gratuito</li> </ul>

Propuesta/ criterio	SA-CMM	CMMI ACQ	IEEE 1062	ISPL	ISO/IEC 12207
<b>Adaptable a pymes</b>		<p>completo de prácticas de adquisición. Plantea que previamente cada organización debería mapear sus procesos con las áreas de procesos; en consecuencia, no detalla características de duración, complejidad o número de integrantes de los proyectos de adquisición.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Documento gratuito.</li> </ul>			
<b>Crítica</b>	<p>Es genérico y tiene que ser analizado e interpretado para adecuarse a circunstancias específicas del proceso de adquisición.</p>	<p>Este modelo presenta un enfoque adecuado, bastante extenso pero completo, que concuerda y complementa las otras propuestas de adquisición revisadas.</p>	<p>La profundización de los nueve pasos que define es limitada y carece de una estructura sólida para gestionar el proceso de adquisición.</p>	<p>Es un enfoque adecuado que trata de ser minucioso; sin embargo, es necesario de un análisis previo para su aplicación de situaciones particulares.</p>	<p>Posee un esquema básico para el proceso de adquisición de Software y servicios, que define y plantea como un factor al margen de su esquema.</p>

En la comparación presentada en la Tabla 5.1 se vio conveniente que el criterio “Adaptable a pymes” sea calificado de acuerdo al esfuerzo requerido en el análisis previo para adecuarlo a pymes.

Otro tema a tratar en el criterio “Adaptable a pymes” es el costo que implica obtener las capacitaciones, evaluaciones y certificaciones organizativas oficiales de la propuesta de adquisición correspondiente; por ejemplo, las evaluaciones SCAMPI (Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement) de CMMI que determinan la madurez de una organización; sin embargo, se optó por no considerar este punto en la comparación de la tabla anterior debido a la variabilidad de factores que influyen en dicho costo, tales como: la empresa consultora que provee el servicio, tamaño de la empresa cliente, número de empleados, formación de los empleados, evaluaciones previas, entre otros.

Otro punto a tomar en cuenta a partir del análisis anterior es que *CMMI for acquisition* (CMMI-ACQ) está constituida como una de las propuestas más completas debido a que se encuentra alineada y complementa otras propuestas de adquisición de software (Gasca y Cuevas 2012); sin embargo, presenta como principales factores en contra la complejidad propia de la cantidad de áreas de proceso que incluye y la minuciosidad con la que fue elaborado, el tiempo que llevaría el análisis previo para su adaptación a pequeños contextos y el alto costo que implica su capacitación y evaluación.

## **5.2. Selección y comparativa de técnicas de verificación y validación para la etapa de análisis y su aplicabilidad a pequeños contextos.**

El presente apartado tiene como objetivo realizar una comparativa de las técnicas de verificación y validación aplicables a la etapa de análisis de desarrollo de sistemas de información, así como su aplicación a pequeños contextos. Tomando en cuenta dicha comparación se seleccionan, posteriormente, cuáles son las técnicas de verificación y validación a utilizarse en la presente metodología.

En apartados anteriores se presentó y describió una amplia gama de técnicas de verificación y validación que son aplicables al desarrollo de sistemas de información en general; sin embargo, solo algunas de ellas son aplicables a la etapa de análisis. A continuación se presenta el listado de las técnicas de verificación y validación aplicables a la etapa de análisis.

- Revisión entre pares
- *Walkthrough*
- Revisión técnica
- Inspección
- Prototipos
- Animación
- Pruebas de requerimientos
- Orientación a puntos de vista
- *Desk-checks*

Los criterios usados en la comparación de las técnicas de verificación y validación, basados en Pohl (2010) y Akbar (2009), son descritos seguidamente, de tal manera que quede clara su definición y posterior uso.

- **Objetivo:** Mediante este criterio se indica el propósito de la técnica de verificación y validación obtenible a través de su utilización.
- **Proceso:** El criterio Proceso es usado para dar a conocer si la técnica de verificación y validación cuenta con un conjunto de fases, etapas o pasos definidos para su realización, así como roles en su aplicación.
- **Adaptable a pymes:** Mediante el criterio Adaptable a pymes se muestra la viabilidad económica de la aplicación de la técnica de verificación y validación, así como el tamaño del equipo de trabajo necesario para su aplicación.

Es necesario hacer mención que se clasifica como costosa una determinada técnica de verificación y validación cuando se especifica esa condición directamente en la literatura consultada, cuando requiere uno o más especialistas en el tema o cuando requiere personal capacitado.

Por otro lado, se ve conveniente realizar una clasificación propia, en la que los equipos de trabajo, de acuerdo a su tamaño, son: pequeños cuando tienen hasta 3 integrantes, medianos cuando tienen entre 4 y 5 integrantes y grandes cuando tienen 6 o más integrantes.

- Sesión grupal: Este criterio indica si como parte de la técnica de verificación y validación se realizan reuniones grupales y con qué finalidad se hacen.
- Involucra al cliente: A través de este criterio se indica si el cliente forma parte del equipo de trabajo o el proceso de la técnica de verificación y validación.
- Esfuerzo de ejecución: Este criterio indica el esfuerzo invertido en la realización de la técnica de verificación y validación, y su clasificación es determinada como Bajo, Medio, Alto o Muy Alto de acuerdo con lo indicado en la literatura revisada.
- Beneficio: Este criterio indica el beneficio obtenido de la aplicación de la técnica de verificación y validación, y su clasificación es determinada como Bajo, Medio, Alto o Muy Alto de acuerdo con lo indicado en la literatura revisada.
- Crítica: Este criterio permite conocer las debilidades, fortalezas y/o limitaciones de las técnicas de verificación y validación.

Tabla 5.2. Tabla comparativa de técnicas de verificación y validación para la etapa de análisis y su aplicabilidad a pequeños contextos. Pohl (2010), Akbar et al. (2009), Tran Van (2004) y Gendreau et al. (2007).

Técnica v&v/ Criterio	<i>Desk-checks</i>	Orientación a puntos de vista	Pruebas de requerimientos	Animación	Prototipos	Inspección	Revisión técnica	<i>Walkthrough</i>	Revisión entre pares
<b>Objetivo</b>	Buscar defectos individualmente o con apoyo de interesados, aplicable gran cantidad de artefactos.	Identificar requisitos en conflicto basándose en puntos de vista.	Validar los requisitos generando un caso de prueba por cada uno.	Encontrar errores y omisiones a través de diversos escenarios.	Poner a prueba los requisitos y experimentar con ellos.	Buscar ampliamente defectos en una cantidad manejable de artefactos.	Conseguir consenso sobre contenido técnico de un artefacto y evaluar integridad de cambios.	Retroalimentación en primeras etapas de un artefacto.	Retroalimentación a través de presentación de producto software a interesados.
<b>Proceso</b>	Definido pero flexible.	Roles y pasos definidos.	Roles y etapas definidos.	Definido pero flexible.	Definido pero flexible.	Roles detallados y pasos estrictos.	Roles definidos y flexible.	No tiene procedimiento predefinido.	Definido pero flexible
<b>Adaptable a pymes</b>	Adaptabilidad accesible económica	Adaptabilidad accesible económica	Adaptabilidad costosa económica	Adaptabilidad accesible económica	Adaptabilidad accesible económica	Adaptabilidad costosa económica	Adaptabilidad costosa económica	Adaptabilidad accesible económica	Adaptabilidad accesible económica

Técnica v&v/ Criterio	<i>Desk-checks</i>	Orientación a puntos de vista	Pruebas de requerimientos	Animación	Prototipos	Inspección	Revisión técnica	<i>Walkthrough</i>	Revisión entre pares
<b>Adaptable a pymes</b>	ente; opcionalmente requiere de equipos de trabajo pequeños.	ente; requiere equipos de trabajo pequeños.	ente; requiere equipos de trabajo grandes.	ente; requiere equipos de trabajo pequeños.	ente; requiere equipos de trabajo pequeños.	ente; requiere equipos de trabajo grandes.	ente; requiere equipos de trabajo medianos a grandes.	ente; requiere equipos de trabajo medianos a grandes.	ente; requiere equipos de trabajo pequeños a medianos.
<b>Sesión grupal</b>	Opcional.	No	No	Si, para evaluar defectos durante la observación de la simulación.	Si, para evaluar defectos durante la observación del prototipo.	Si, centrada en la detección de defectos.	Si, para evaluar conceptos técnicos, alternativas del entorno y producto.	Si, para proveer retroalimentación.	Si, para encontrar defectos después la revisión individual.
<b>Involucra al cliente</b>	Opcional.	Si	No	Si	Si	No	Opcional.	Opcional.	Opcional.

Técnica v&v/ Criterio	<i>Desk-checks</i>	Orientación a puntos de vista	Pruebas de requerimientos	Animación	Prototipos	Inspección	Revisión técnica	<i>Walkthrough</i>	Revisión entre pares
<b>Esfuerzo de ejecución</b>	Medio	Alto	Alto	Muy alto	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Medio
<b>Beneficio</b>	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Bajo	Medio
<b>Crítica</b>	Alto compromiso de participantes y no recomendable en artefactos críticos.	No hay mucho trabajo aplicado en esta área, tal vez requiera especialistas.	Involucra a personal calificado en pruebas desde etapas tempranas.	Gran esfuerzo en tiempo y recursos y fuerza a decisiones de diseño prematuras.	Gran esfuerzo en tiempo y recursos y fuerza a decisiones de diseño prematuras	Requiere una cantidad numerosa de personal capacitado.	Requiere por lo menos un experto técnico para guiar la revisión.	Se busca consenso pero no se realiza búsqueda de defectos.	Se adecua a la criticidad de un producto o artefacto mediante aumento de roles.

La comparación mostrada en la Tabla 5.2 muestra de manera estructurada las características asociadas a las técnicas de verificación y validación identificadas y aplicables a la etapa de análisis a través de los criterios propuestos. Cabe destacar, que los criterios “Adaptable a pymes”, “Esfuerzo de ejecución” y “Beneficio” fueron determinantes al seleccionar las técnicas de verificación y validación que, finalmente, integran la metodología propuesta. Además, el criterio “Crítica” fue empleado para dar a conocer algunas fortalezas y/o debilidades de las técnicas, así como colaboró en una perspectiva de cómo usar dichas técnicas en la metodología.

Los criterios usados para la selección fueron tomados en base al cumplimiento de determinadas condiciones en los criterios de comparación de las técnicas de verificación y validación, las condiciones a cumplir fueron las siguientes:

Tabla 5.3. Condiciones aplicadas a los criterios de comparación de las técnicas de verificación y validación identificadas

Criterio	Condición
Adaptable a pymes	Accesible económicamente; Equipos de trabajo pequeños a medianos.
Esfuerzo de ejecución	Bajo a Mediano
Beneficio	Medio a Alto

Como resultado de la aplicación de dichas condiciones se obtuvo que las técnicas de verificación y validación a aplicar a la metodología son:

- *Desk-Checks*
- Revisión entre pares

### 5.3. Arquitectura de la metodología y patrón de documentación.

La metodología tratada en el contexto descrito pretende integrar la visión e intereses de los participantes del proceso de adquisición, adquirentes y proveedores, indicando sus responsabilidades y tareas a realizar a través de la estructura que se propone en el presente apartado.

Además, con la finalidad de seguir un estándar en la estructura, que facilite la referencia del presente proyecto y uniformidad en su descripción con respecto a otros modelos, se sigue el reporte técnico ISO/IEC TR 24774 (2010) como línea guía. De

esta manera, cumpliendo con los objetivos antes mencionados, se presenta a continuación la estructura y componentes del presente proyecto de fin carrera.

La metodología está compuesta por los siguientes elementos:

- Los roles, son las funciones que desempeñan cada uno de los participantes del proyecto.
- Las actividades, son procesos de bajo nivel expresados a través de una lista de acciones usadas para lograr las salidas.
- Las salidas, que expresan los resultados esperados observables de la realización exitosa de un proceso.
- Las entradas, que pueden ser definidas en un modelo secuencial como salidas del proceso anterior.
- Las tareas, que son acciones específicas que son realizadas para lograr una actividad.
- Los artefactos, que son cuerpos de información separadamente identificables, también definidos como productos intermedios o finales de la metodología, normalmente coincidentes con salidas o entradas.

En relación a los elementos anteriores, cabe precisar que se asocia a cada actividad las tareas a realizar y se identifican sus entradas y salidas, que a su vez son almacenables en un repositorio de artefactos. También se asocia a cada actividad un determinado número de participantes del proyecto que cumplen un rol particular, y son los responsables de la realización de las tareas de una actividad específica (Ver Figura 5.1). Comúnmente una tarea es asignada a un miembro del equipo de aseguramiento de la calidad, cuyos roles se describen posteriormente.

La relación entre los elementos de la metodología está dada a través de las fases de un proyecto de adquisición, descritas en el apartado de marco de referencia, de tal manera que un conjunto de actividades se desarrollan en cada fase del proyecto de

adquisición, tomando en cuenta solo las fases de la adquisición consideradas para el presente Proyecto.

Las fases del proceso de adquisición a tomar en cuenta en el presente proyecto, basadas en IEEE 1062 (1998), son: Planificación, Implementación y Aceptación, esto debido a que, tal como se indicó en el alcance del proyecto, se pretende abarcar desde que el Adquiriente concibe la idea de la construcción del software, hasta la finalización del análisis de desarrollo de sistemas de información. Dicho alcance está comprendido, según la definición de IEEE 1062 (1998), por las fases de “Planificación” e “Implementación del producto”.

Adicionalmente se incorpora la fase de “Aceptación” como complemento, en la que se incluyen las actividades encargadas de evaluación y aceptación del producto. Cabe resaltar que las fases de Implementación y Aceptación han sido adaptadas a la etapa de análisis de desarrollo de sistemas de información, ya que originalmente sus definiciones están orientadas al desarrollo de sistemas de información de manera global.



Figura 5.1. Estructura de la Metodología.

Otra aclaración importante es que la licitación, selección de proveedor y contrato propios de las etapas de Planificación y Contratación de la Adquisición de software,

no formarán parte de la metodología debido a que se considera que no se encuentran directamente relacionadas a la etapa de análisis de desarrollo de sistemas de información.

Por otro lado, los participantes del proceso de adquisición comparten responsabilidad a lo largo de dicho proceso, como consecuencia, se hace necesaria su participación y colaboración a partir de los roles que desempeñan tanto representantes de la empresa adquiriente como proveedora.

Los roles a desempeñarse en la aplicación de la metodología son presentados en la Figura 5.2 y son descritos posteriormente.

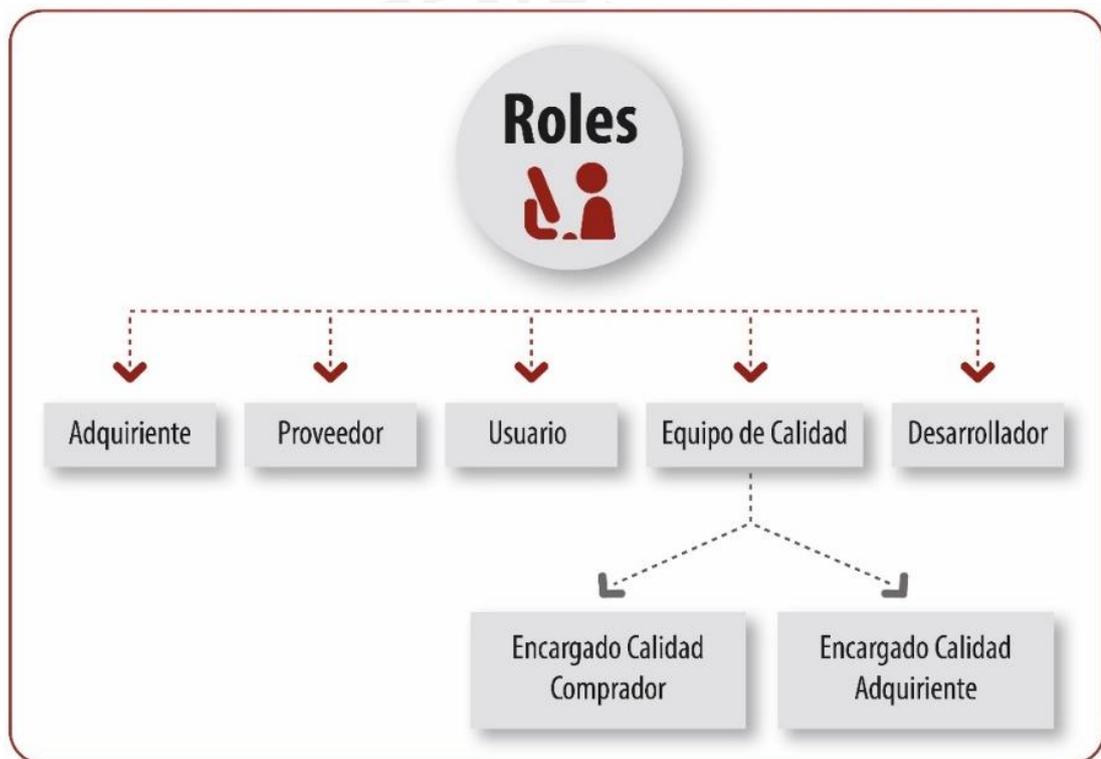


Figura 5.2. Roles desempeñados en la Metodología.

- **Adquiriente:** Es la parte interesada en el proyecto que adquiere o compra un producto o servicio de un proveedor (CMMI – ACQ 2010). Tiene como cualidad el poder decidir sobre la aceptación de un producto o artefacto.
- **Proveedor:** Es una entidad que a través de un acuerdo con el adquiriente desarrolla un producto o realiza servicios bajo los términos del acuerdo (CMMI – ACQ 2010).

- **Usuario:** Es la persona o personas que empleará el producto software a adquirir con la finalidad de mejorar el proceso de negocio del cual es responsable.
- **Desarrollador:** Es la persona o personas encargadas del desarrollo del producto software, forman parte del Proveedor.
- **Encargado de calidad del adquiriente:** Es la persona responsable y ejecutor de las actividades de aseguramiento de calidad por parte del Adquiriente. Para desempeñar este rol recomendable un conocimiento básico del ciclo de vida del software y algunas competencias técnicas en desarrollo de software.
- **Encargado de calidad del proveedor:** Es la persona responsable y ejecutor de las actividades de aseguramiento de calidad por parte del Proveedor, es designado por el Proveedor.

#### 5.4. Especificación de la metodología

Como se ha descrito en el apartado anterior, la metodología tratada está compuesta por actividades asociadas a una fase de la adquisición, que están integradas a su vez por tareas realizadas por participantes del proyecto que desempeñan determinados roles, en donde cada actividad tiene como entrada, y a su vez genera como productos, los artefactos relacionados a la metodología.



Figura 5.3. Actividades de la metodología y su relación con las fases de la adquisición.

El diagrama de las actividades, así como su relación con las fases del ciclo de vida de la adquisición que componen la metodología se presentan en la Figura 5.3.

La secuencia de ejecución de las actividades de la metodología es mostrada en la Figura 5.4. Cabe resaltar que los componentes de color gris y sin numeración no forman parte de la metodología. Dichos componentes fueron tomados en cuenta con la finalidad de facilitar la comprensión de la metodología y, para otros casos, representar la acción que es consecuencia de una disconformidad, así como la obligatoriedad de realización de tal acción para proseguir con el flujo.

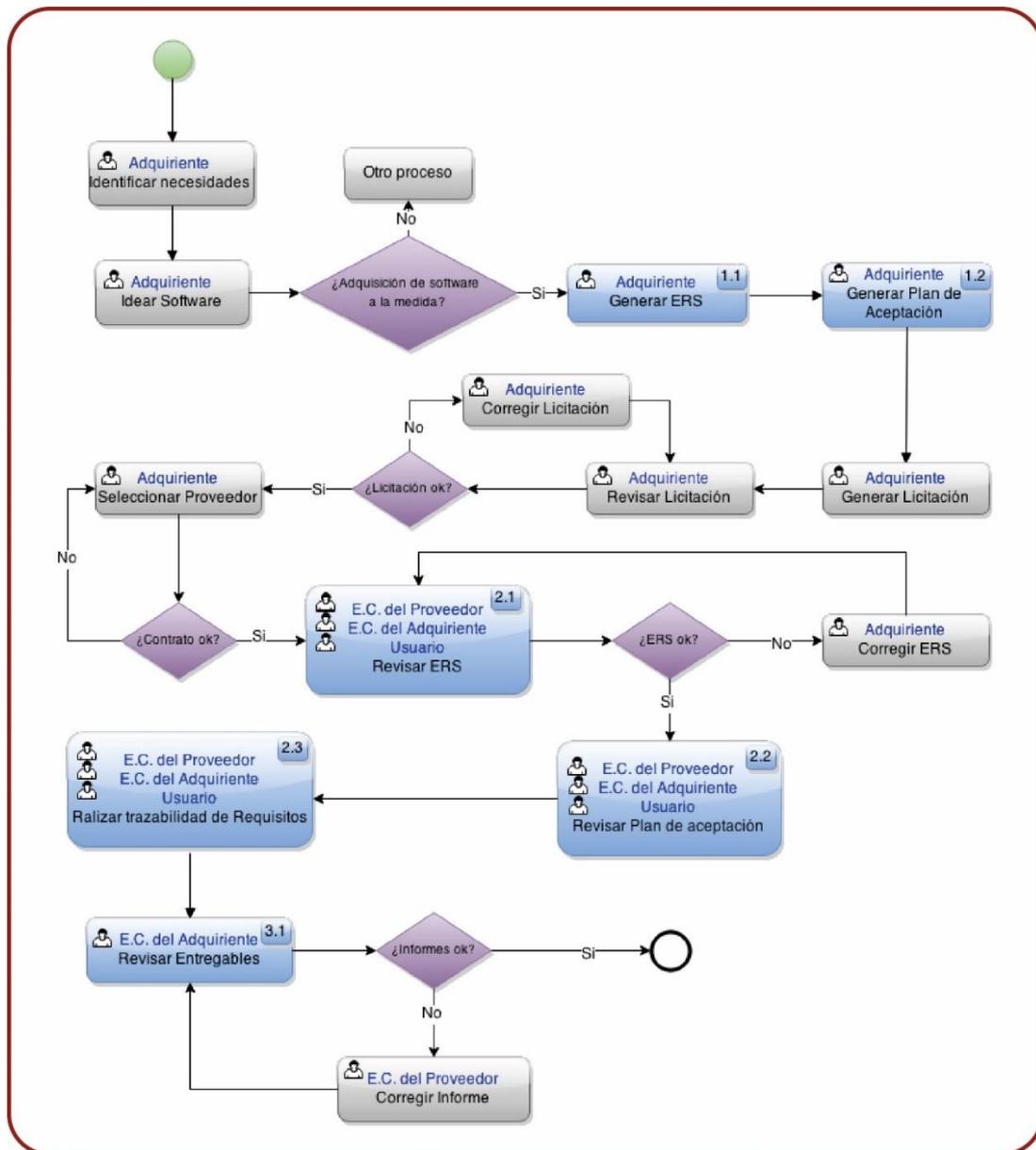


Figura 5.4. Diagrama de secuencia de actividades de la metodología.

El detalle de las actividades de la metodología se muestra a continuación, a través de un conjunto de tablas descriptivas que contienen los roles, entradas, salidas y tareas, así como una breve descripción y los artefactos relacionados. Adicionalmente, y después de la presentación de cada tabla, se muestra un diagrama con la secuencia de ejecución de las tareas que componen la actividad correspondiente y su relación con los artefactos de la metodología.

Tabla 5.4. Actividad 1.1 (Generar especificación de requisitos de software).

<b>Fase de la adquisición</b>	Planeamiento
<b>Actividad</b>	Generar especificación de requisitos de software
<b>Rol responsable</b>	Encargado de calidad del Adquiriente
<b>Roles involucrados</b>	Adquiriente
	Encargado de calidad del Adquiriente
	Usuario
<b>Descripción</b>	La presente actividad está orientada a generar la primera versión de la especificación de requisitos de software, dicha versión tiene como objetivo reflejar las características deseadas del producto software requerido, de acuerdo a las necesidades del Adquiriente, con la finalidad de ser usado como documento en la licitación.
<b>Entradas</b>	Lista de técnicas para identificación y obtención de requisitos
	Lista de técnicas para definir requisitos
	Plantilla de Especificación de requisitos de software
<b>Salidas</b>	Especificación de requisitos de software.
<b>Técnicas de V&amp;V aplicadas</b>	Desk - Checking
<b>Tareas</b>	1) Identificar requisitos, a partir de las necesidades, a través de reunión de roles involucrados, dicha reunión es convocada por la empresa Adquiriente utilizando como herramienta la “Lista de técnicas para identificación y obtención de requisitos”.

<b>Tareas</b>	<p>2) <i>Opcionalmente</i> definir requisitos; es decir, especificarlos en detalle a través de modelos, valiéndose de la “Lista de modelos para definir requisitos” como herramienta, el responsable de la actividad también tendrá la responsabilidad de la realización de la presente tarea.</p>
	<p>3) Generar la ERS a través de la “Plantilla de Especificación de requisitos de software”. Dicha plantilla contiene la estructura del documento de ERS, conformada por los resultados de las tareas anteriores y otros contenidos propios de dicha plantilla.</p>
	<p>4) Realizar la revisión de la ERS mediante la aplicación de un Desk - Checking a todas las tareas anteriores que forman parte de la realización de la ERS, así como de la propia ERS, esta tarea la realiza el responsable de la presente actividad.</p>
	<p>5-a) Si no se encontró ningún defecto o error en la revisión de la ERS se procede a realizar la siguiente tarea.</p>
	<p>5-b) Si se encontró algún defecto o error en la revisión de la ERS el responsable de la presente actividad debe corregirlo y luego repetir esta actividad desde la tarea 4 en adelante.</p>
	<p>6) Registrar la actividad realizada y su resultado mediante el registro de actividades.</p>
<b>Artefactos relacionados</b>	<p>Lista de técnicas para identificación y obtención de requisitos</p>
	<p>Lista de técnicas para definir requisitos</p>
	<p>Plantilla de Especificación de requisitos de software</p>
	<p>Especificación de requisitos de software.</p>
	<p>Registro de actividades.</p>

La Figura 5.5 muestra la secuencia de ejecución de las tareas que conforman la actividad “Generar especificación de requisitos de software”. En la Figura, la tarea “Corregir ERS” no es parte de la metodología, pero es representada con la finalidad de mostrar el flujo que se toma ante una disconformidad.

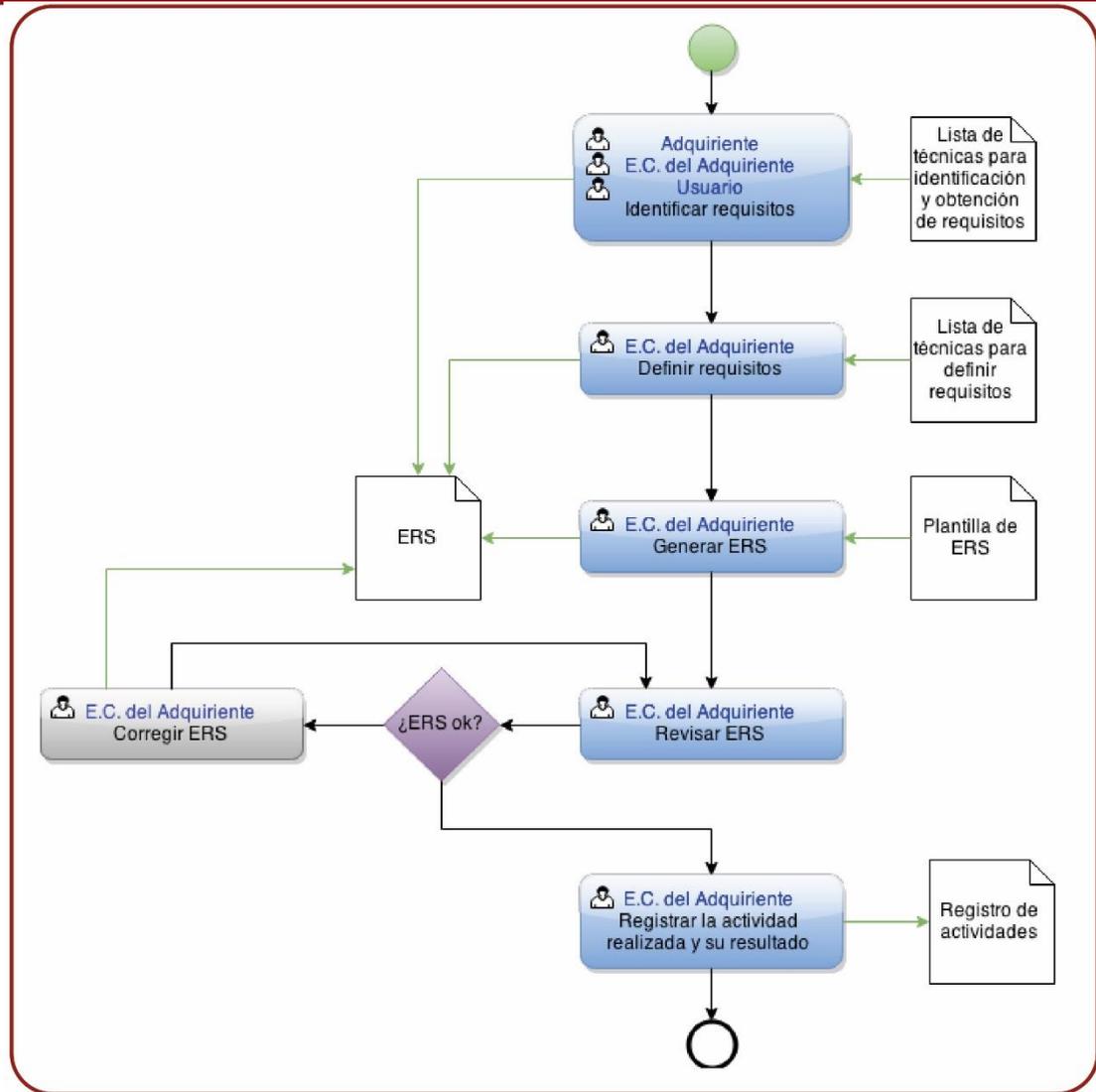


Figura 5.5. Diagrama de secuencia de tareas de la actividad 1.1 (Generar especificación de requisitos de software).

Tabla 5.5. Actividad 1.2 (Generar Plan de aceptación).

<b>Fase de la adquisición</b>	Planeamiento
<b>Actividad</b>	Generar Plan de aceptación
<b>Rol responsable</b>	Encargado de Calidad del Adquiriente
<b>Roles involucrados</b>	Encargado de Calidad del Adquiriente
	Usuario
	Adquiriente
<b>Descripción</b>	Creación del plan de aceptación con la finalidad de asegurar el cumplimiento de los objetivos del Adquiriente, a través del

<b>Descripción</b>	cumplimiento de ciertos criterios de aceptación, e integrar la visión y expectativas de Adquiriente.
<b>Entradas</b>	Inventario de actividades de V & V
	Guía de control de Cambios
	Inventario de pruebas
<b>Salidas</b>	Plan de Aceptación
<b>Técnicas de V&amp;V aplicadas</b>	Desk - Checking
<b>Tareas</b>	1) Establecer actividades de V & V a desarrollarse durante el ciclo de vida del software, teniendo como herramienta al "Inventario de actividades de V & V".
	2) Seguir la "Guía de Control de Cambios" para establecer un mecanismo de Control de Cambios entre Adquiriente y Proveedor.
	3) Establecer los tipos o técnicas de pruebas a realizar, teniendo como herramienta al "Inventario de pruebas".
	4) Definir entorno e infraestructura de pruebas.
	5) Definir los entregables que el proveedor debe realizar.
	6) Generar el Plan de aceptación mediante el registro de resultados de las tareas anteriores.
	7) Realizar la revisión del Plan de aceptación mediante la aplicación de un Desk - Checking de todas las tareas anteriores que forman parte de dicho plan, esta tarea la realiza el responsable de la presente actividad.
	8-a) Si no se encontró ningún defecto o error en la revisión del Plan de aceptación se procede a realizar la siguiente tarea.
	8-b) Si se encontró algún defecto o error en la revisión del Plan de aceptación el responsable de la presente actividad debe designar para su corrección a uno de los roles involucrados y luego repetir esta actividad desde la tarea 7 en adelante.
9) Registrar la actividad realizada y su resultado mediante el registro de actividades.	
<b>Artefactos relacionados</b>	Registro de actividades
	Inventario de actividades de V & V

<b>Artefactos relacionados</b>	Guía de control de Cambios
	Inventario de pruebas
	Plan de Aceptación

La Figura 5.6 muestra la secuencia de ejecución de las tareas que conforman la actividad “Generar Plan de aceptación”. En la Figura, la tarea “Corregir Plan de aceptación” no es parte de la metodología, pero es representada con la finalidad de mostrar el flujo que se toma ante una disconformidad.

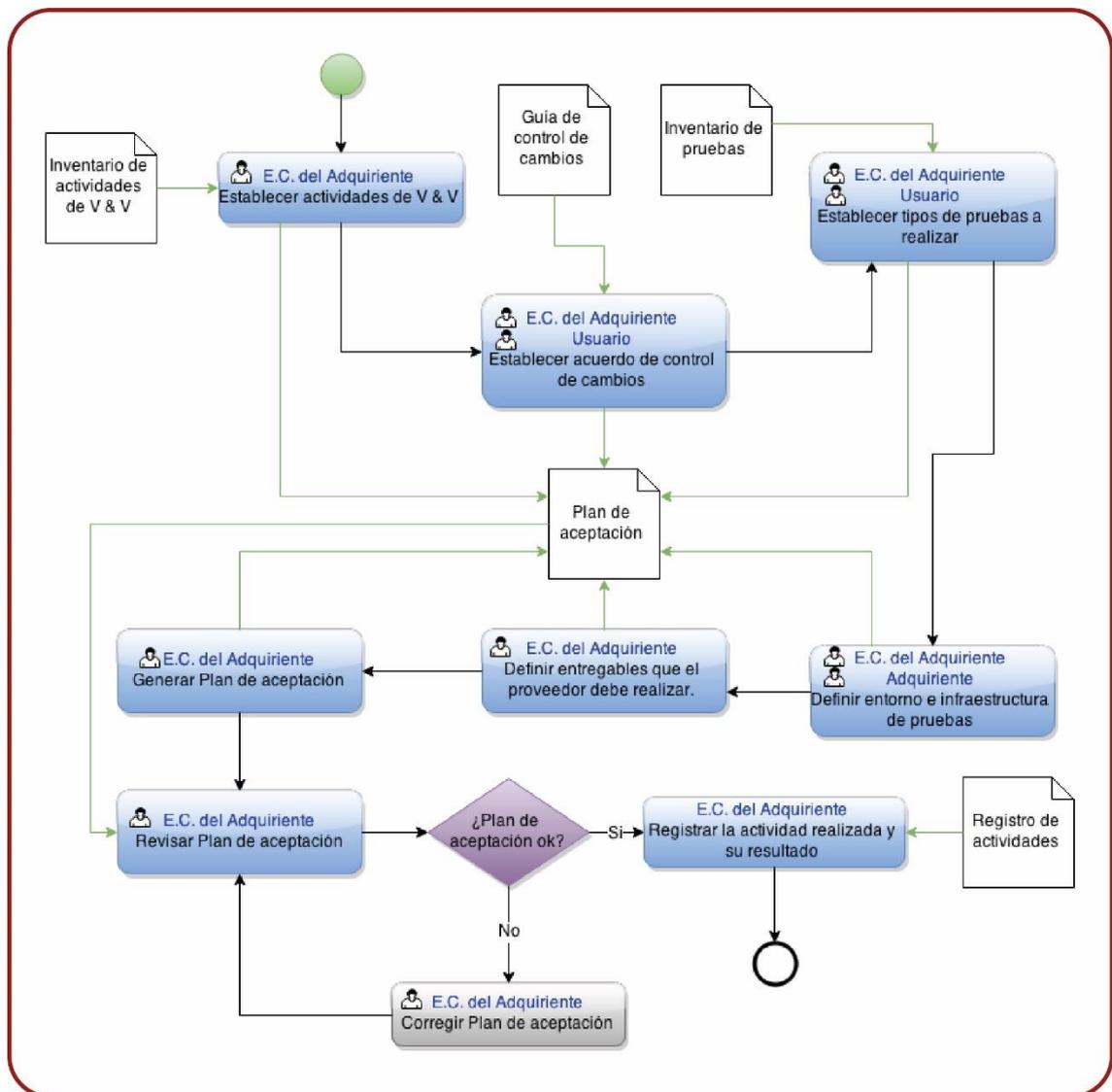


Figura 5.6. Diagrama de secuencia de tareas de la actividad 1.2 (Generar Plan de aceptación).

Tabla 5.6. Actividad 2.1 (Revisar especificación de requisitos de software).

<b>Fase de la adquisición</b>	Implementación
<b>Actividad</b>	Revisar especificación de requisitos de software
<b>Rol responsable</b>	Encargado de calidad del Proveedor
<b>Roles involucrados</b>	Encargado de calidad del Proveedor
	Encargado de calidad del Adquiriente
	Usuario
<b>Descripción</b>	La realización de la presente actividad está orientada a asegurar que la especificación de requisitos de software refleje las características deseadas del producto software requerido de acuerdo a las necesidades del Adquiriente y la visión del Proveedor.
<b>Entradas</b>	Especificación de requisitos de software.
	Guía de realización de revisión entre pares.
<b>Salidas</b>	Documento de aceptación para la especificación de requisitos de software.
<b>Técnicas de V&amp;V aplicadas</b>	Revisión entre pares.
<b>Tareas</b>	1) En base a la "Guía de realización de revisión entre pares", realizar la revisión de la ERS por medio de una revisión entre pares, considerando como integrantes a los participantes que tengan los "Roles involucrados" y teniendo como herramienta la "Lista de comprobación de la especificación de requisitos de software".
	2-a) Si se determinó que las características del documento son correctas, el responsable de la actividad debe realizar el documento de aceptación de la especificación de requerimientos software.
	2-b) Si se determinó que las características del documento no son correctas el responsable debe corregir la especificación de requerimientos de software y luego repetir la actividad.

<b>Tareas</b>	3) Registrar la actividad realizada y su resultado mediante el registro de actividades.
<b>Artefactos relacionados</b>	Lista de comprobación de la especificación de requisitos de software.
	Registro de actividades.
	Guía de realización de revisión entre pares.
	Especificación de requisitos de software.
	Documento de aceptación para la especificación de requisitos de software.

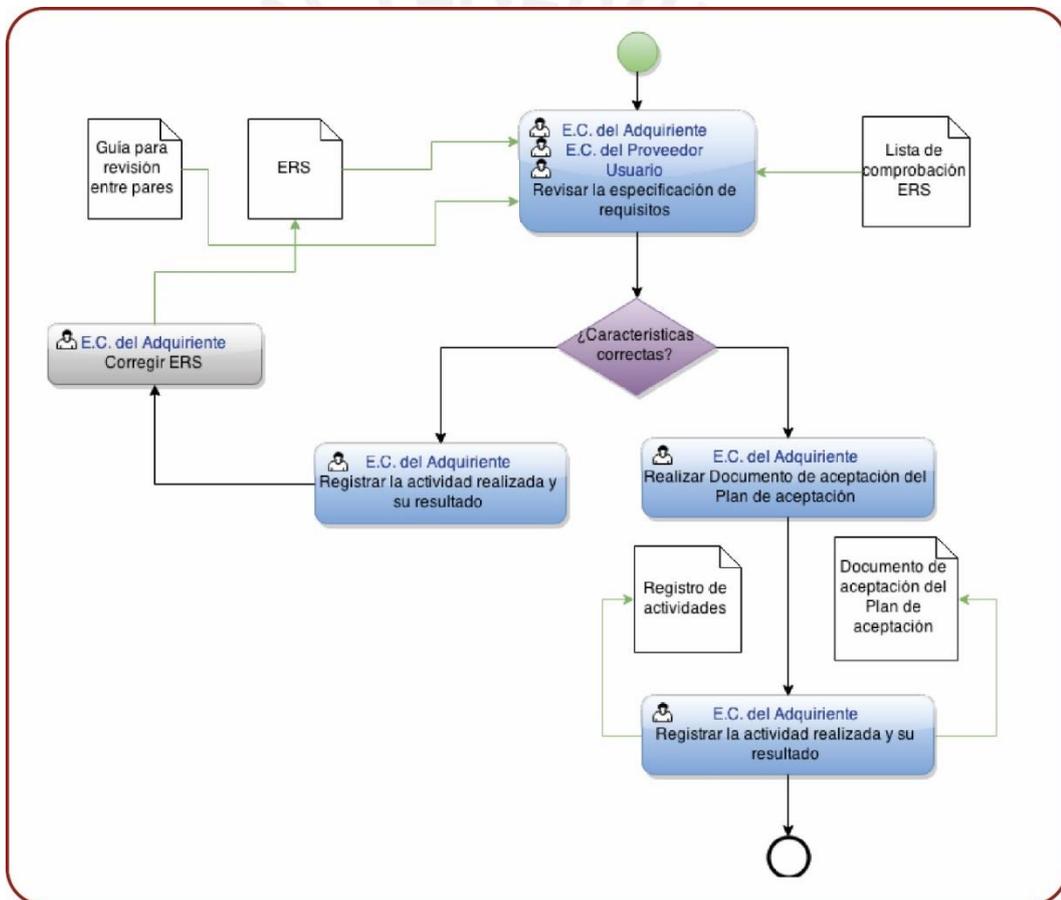


Figura 5.7. Diagrama de secuencia de tareas de la actividad 2.1 (Revisar especificación de requisitos de software).

La Figura 5.7 muestra la secuencia de ejecución de las tareas que conforman la actividad “Revisar especificación de requisitos de software”. En la figura, la tarea “Corregir ERS” no es parte de la metodología, pero es representada con la finalidad de mostrar el flujo que se toma ante una disconformidad.

Tabla 5.7. Actividad 2.2 (Revisar Plan de aceptación).

<b>Fase de la adquisición</b>	Implementación
<b>Actividad</b>	Revisar Plan de aceptación
<b>Rol responsable</b>	Encargado de calidad del Adquiriente
<b>Roles involucrados</b>	Encargado de calidad del Proveedor
	Encargado de calidad del Adquiriente
	Desarrollador
	Usuario
<b>Descripción</b>	La realización de la presente actividad está orientada a asegurar que el Plan de aceptación reúna las condiciones necesarias para obtener un producto software de calidad, de acuerdo a las necesidades y objetivos tanto del Adquiriente como del Proveedor.
<b>Entradas</b>	Plan de aceptación.
	Guía de realización de revisión entre pares.
<b>Salidas</b>	Documento de aceptación para el Plan de aceptación.
<b>Técnicas de V&amp;V aplicadas</b>	Revisión entre pares.
<b>Tareas</b>	1) En base a la "Guía de realización de revisión entre pares", realizar la revisión del Plan de aceptación por medio de una revisión entre pares, considerando como integrantes a los participantes que tengan los "Roles involucrados" y teniendo como herramienta la "Lista de comprobación del Plan de aceptación".
	2-a) Si se determinó que las características del documento son correctas, el responsable de la actividad debe realizar el documento de aceptación para el plan de aceptación.
	2-b) Si se determinó que las características del documento no son correctas el responsable debe corregir el Plan de aceptación.
	3) Registrar la actividad realizada y su resultado mediante el registro de actividades.

<b>Artefactos relacionados</b>	Lista de comprobación para el plan de aceptación.
	Registro de actividades.
	Guía de realización de revisión entre pares.
	Plan de aceptación.
	Documento de aceptación del plan de aceptación.

La Figura 5.7 muestra la secuencia de ejecución de las tareas que conforman la actividad “Revisar Plan de aceptación”. En la Figura, la tarea “Corregir Plan de aceptación” no es parte de la metodología, pero es representada con la finalidad de mostrar el flujo que se toma ante una disconformidad.

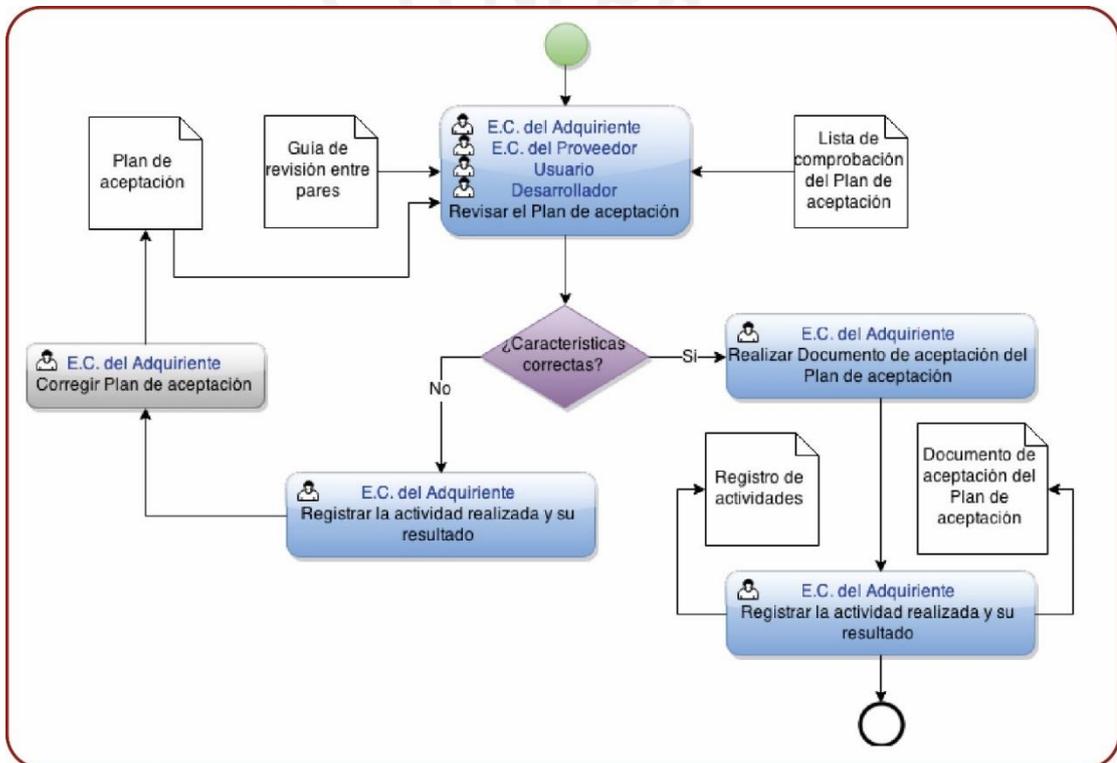


Figura 5.8. Diagrama de secuencia de tareas de la actividad 2.2 (Revisar Plan de aceptación).

Tabla 5.8. Actividad 2.3 (Realizar trazabilidad de requisitos).

<b>Fase de la adquisición</b>	Implementación
<b>Actividad</b>	Realizar trazabilidad de requisitos
<b>Rol responsable</b>	Encargado de calidad del Adquiriente
<b>Roles involucrados</b>	Encargado de calidad del Proveedor
	Encargado de calidad del Adquiriente

<b>Descripción</b>	La actividad de trazabilidad de requisitos es realizada con motivo de identificar las relaciones existentes entre los requisitos, y entre los requisitos y los componentes de otras etapas del desarrollo de sistemas. Esto facilita la obtención de información ante cualquier cambio de requisitos, la gestión de costos, la gestión de calidad y asegura que todos los componentes del sistema estén asociados a uno o varios requisitos.
<b>Entradas</b>	Guía de trazabilidad de requisitos
<b>Salidas</b>	Matriz de trazabilidad
<b>Técnicas de V&amp;V aplicadas</b>	Desk – Checking.
<b>Tareas</b>	<p>1) Realizar la trazabilidad de requisitos considerando como herramienta la "Guía de trazabilidad de requisitos".</p> <p>2) Realizar la revisión de la trazabilidad de requisitos mediante la aplicación de un Desk - Checking del proceso seguido en la "Guía de trazabilidad de requisitos", esta tarea la realiza el responsable de la presente actividad.</p> <p>3-a) Si no se encontró ningún defecto o error en la realización de la trazabilidad de requisitos se procede a realizar la siguiente tarea.</p> <p>3-b) Si se encontró algún defecto o error en la realización de la trazabilidad de requisitos el responsable de la presente actividad debe designar para su corrección a uno de los roles involucrados y luego repetir esta actividad desde la tarea 2 en adelante.</p> <p>4) Registrar la actividad realizada y su resultado mediante el registro de actividades.</p>
<b>Artefactos relacionados</b>	Guía de trazabilidad de requisitos.
	Matriz de trazabilidad.
	Registro de actividades.

La Figura 5.8 muestra la secuencia de ejecución de las tareas que conforman la actividad “Realizar trazabilidad de requisitos”. En la Figura, la tarea “Corregir trazabilidad” no es parte de la metodología, pero es representada con la finalidad de mostrar el flujo que se toma ante una disconformidad.

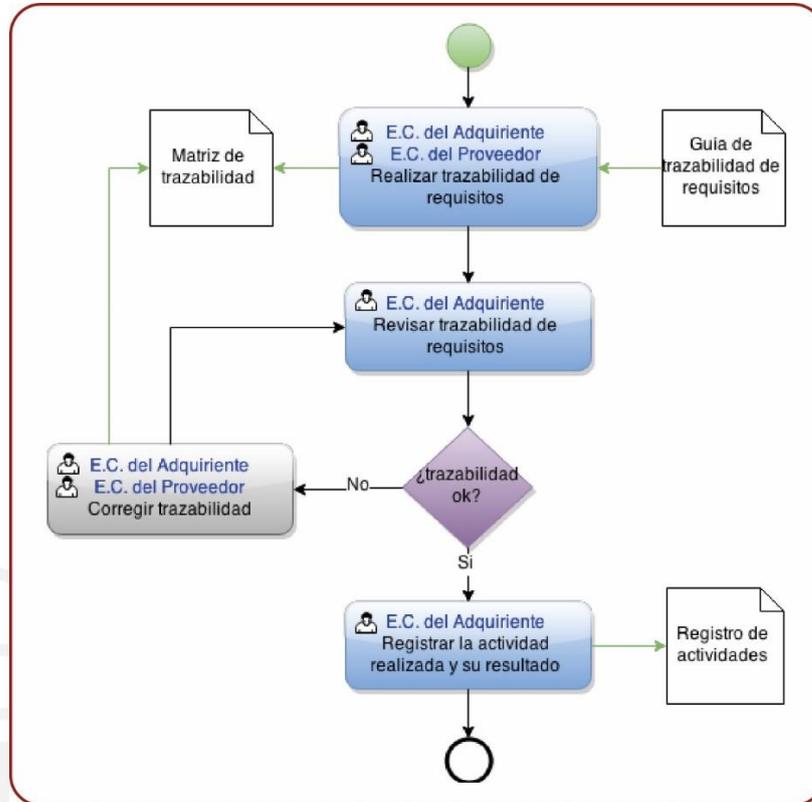


Figura 5.9. Diagrama de secuencia de tareas de la actividad 2.3 (Realizar trazabilidad de requisitos).

Tabla 5.9. Actividad 3.1 (Revisar entregables).

<b>Fase de la adquisición</b>	Aceptación
<b>Actividad</b>	Revisar entregables
<b>Rol responsable</b>	Encargado de calidad del Adquiriente
<b>Roles involucrados</b>	Encargado de calidad del Proveedor
	Encargado de calidad del Adquiriente
<b>Descripción</b>	Esta actividad se realiza con la finalidad de asegurar que los entregables generados por el proveedor, para la etapa del análisis, corresponden y cumplen con lo especificado en el plan de aceptación.
<b>Entradas</b>	Plan de aceptación

<b>Salidas</b>	Documento de aceptación para entregables del Proveedor
<b>Técnicas de V&amp;V aplicadas</b>	Revisión entre pares
<b>Tareas</b>	1) En base a la “Guía de realización de revisión entre pares”, realizar la revisión de los entregables del Proveedor por medio de una revisión entre pares, considerando como integrantes a los participantes por parte del Adquiriente designados por el "Rol responsable", y teniendo como herramienta la "Lista de comprobación de entregables del Proveedor".
	2-a) Si se determinó que las características de los entregables son correctas, el responsable de la actividad debe realizar el documento de aceptación para entregables del Proveedor.
	2-b) Si se determinó que las características de los entregables no son correctas, el responsable debe retornar al Proveedor los entregables para su corrección con un informe en que se detallen las irregularidades encontradas en la revisión entre pares.
	3) Registrar la actividad realizada y su resultado mediante el registro de actividades.
<b>Artefactos relacionados</b>	Plan de aceptación
	Documento de aceptación para entregables del Proveedor
	Registro de actividades.

La Figura 5.10 muestra la secuencia de ejecución de las tareas que conforman la actividad “Revisar entregables”. En la figura, la tarea “Corregir entregables” no es parte de la metodología, pero es representada con la finalidad de mostrar el flujo que se toma ante una disconformidad.

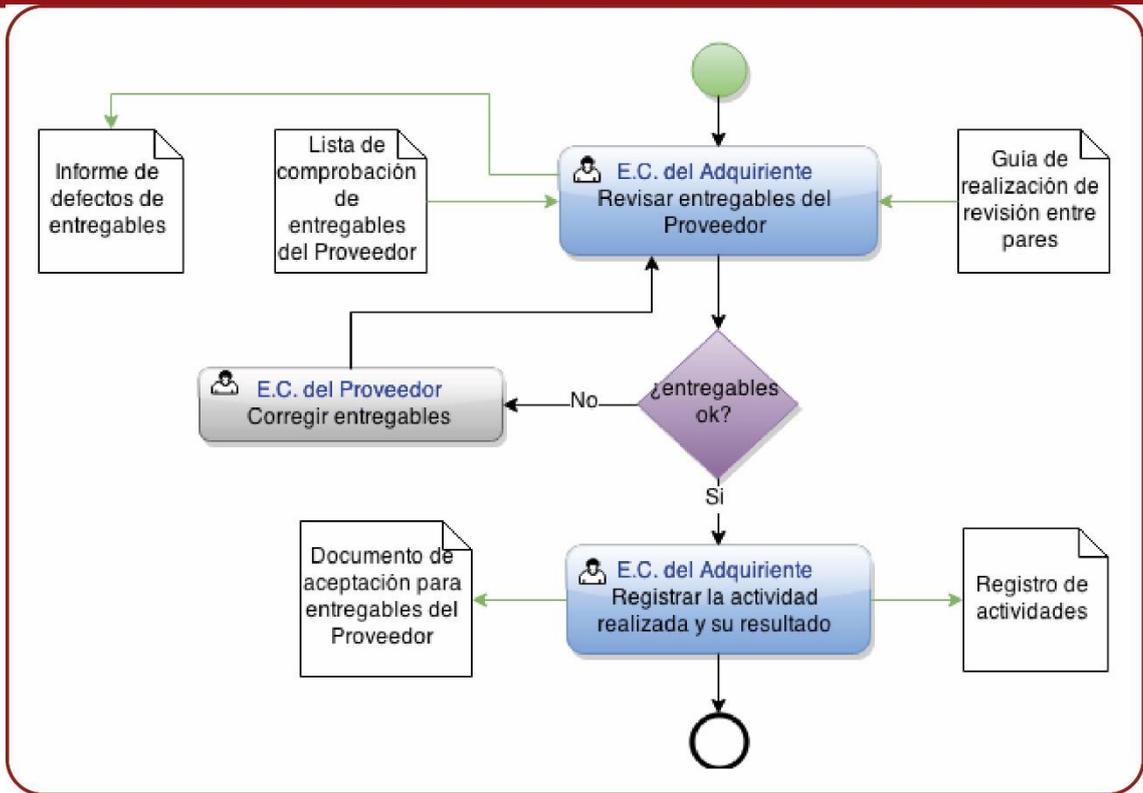


Figura 5.10. Diagrama de secuencia de tareas de la actividad 3.1 (Revisar entregables).

## 6. Validación

La presente sección tiene como objetivo presentar y describir el proceso de validación, así como mostrar los resultados de la aplicación de dicho proceso, los cuales fueron usados para determinar la validez de contenido de la metodología desarrollada en el presente proyecto de fin de carrera.

Como otro punto a tratar, se tiene al instrumento usado para la validación, a partir del cual se pudo obtener los resultados que determinaron la validez de contenido de la metodología.

### 6.1. Proceso de validación

Para evaluar la validez del contenido de la metodología se optó por realizar un juicio de expertos, dicho proceso de validación se define de manera general según (Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez 2008) como la opinión informada de un grupo de personas con trayectoria en el tema, con la capacidad de brindar información, evidencia, juicios y valoraciones del tema en cuestión.

El número de jueces establecido para evaluar la metodología fue de 2, debido a que se buscó que ambos jueces tengan instrucción, entrenamiento y experiencia similar, lo que favorece la disminución de la cantidad requerida de jueces según Skjong y Wentworht (2000); además, esta cantidad es el mínimo establecido en (McGartland Et. al 2003).

Los pasos para la realización del juicio de expertos considerados en la validación de la metodología están basados en la Guía para la realización de juicio de expertos de (Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez 2008), a continuación se presentan dichos pasos:

- **Definir el objetivo del juicio de expertos:** Se realiza con motivo de tener clara la finalidad del juicio de expertos, en este caso el objetivo es validar el contenido y aplicabilidad de una metodología de adquisición de software en la que se incluyen técnicas de verificación y validación y parámetros como su aplicación a sistemas hechos a la medida y a pequeños contextos.
- **Contactar con los jueces:** Se buscó contactar con jueces con conocimiento en temas de aseguramiento de calidad, adquisición de software y ciclo de vida del software, brindándoles la información correspondiente relacionada a la metodología.

- **Explicitar dimensiones e indicadores a medirse relacionados a los ítems a medirse:** A través de las dimensiones se hace referencia a las secciones en las que se divide el objeto a evaluarse, los ítems son los puntos a evaluarse que pertenecen a alguna dimensión y por medio de los indicadores se especifica la calificación dada a los ítems.
- **Especificar el objetivo de la validación:** Se proporciona a los jueces información relacionada al uso de la información producto de la validación, de esta manera aumenta la contextualización y la especificidad de la evaluación.
- **Elaboración de plantilla:** Se desarrolla una plantilla como instrumento de validación, de tal manera que cumpla con los objetivos de la evaluación e incorpore las características establecidas en pasos anteriores.
- **Reunión para validación por Juicio experto:** Se realiza una reunión presencial con los jueces, en esta reunión cada juez califica los ítems de la plantilla de validación individualmente, posteriormente se da paso a un dialogo entre jueces para llegar a un consenso sobre la validez del contenido y aplicabilidad de la metodología, el resultado de dicho consenso queda plasmado en la *Constancia de validación*.
- **Elaboración de conclusiones:** Se analizan los resultados obtenidos de la calificación de los ítems en la plantilla y se obtienen conclusiones.

## 6.2. Instrumento usado para la validación por juicio de expertos

Tal como se mencionó en el proceso de validación se desarrolló una plantilla como instrumento de validación; asimismo, se usa la *Constancia de validación* para plasmar el resultado del consenso de jueces. La *Plantilla para validación por juicio experto* y el formato de la *Constancia de validación* se encuentran como parte de los anexos; el primero está basado en Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008).

## 6.3. Análisis de los resultados de validación por juicio de expertos

El resultado de la validación por juicio de expertos mostró que la metodología cumple con el objetivo general de constituirse como una metodología que guía a través del proceso de adquisición durante la etapa de análisis de sistemas de información, incluye la verificación y validación y es desarrollada en pequeños contextos; sin embargo, también se presentaron un conjunto de observaciones, críticas y

recomendaciones por parte del revisor, que si bien no afectaron de manera determinante el resultado de la validación, son de utilidad para corregir y mejorar a futuro la metodología.

Entre las observaciones destaca la omisión de una actividad en la que se verifique y valide la especificación de requisitos de software contra el catálogo de pruebas de aceptación, de tal manera que se compruebe que cada prueba está dirigida a satisfacer un requisito o un grupo de ellos, además de establecer la correspondencia entre pruebas y requisitos.

Por otro lado, los artefactos fueron creados como entradas y salidas de las actividades con la finalidad de apoyar el desarrollo de estas y como documentos resultantes de la etapa de análisis. En algunos de estos artefactos, particularmente la Lista de comprobación de requisitos de software y el Inventario de actividades de verificación y validación, se hicieron críticas con respecto a cómo lograr el criterio propuesto de determinación de ambigüedad en un requisito, para el primer caso, y el motivo de la inclusión de actividades de verificación que pertenecen a etapas posteriores al análisis, para el segundo caso.

Además, con respecto a la aplicabilidad a pequeños contextos, se recomendó mejorar los niveles de complejidad de la metodología y adaptabilidad a pymes, ya que si bien estos son suficientes, es deseable una mayor inclusión de criterios y prácticas que favorezcan una mejor comprensión y presencia de dichos ítems relacionados a los pequeños contextos.

## 7. Conclusiones y trabajo futuro

A través del desarrollo del presente proyecto de fin de carrera, se ha desarrollado un marco metodológico para la adquisición en la etapa de análisis de sistemas de información hechos a la medida. Además, en esta metodología se incorporan técnicas de verificación y validación para la etapa de análisis, particularmente Desk-Checking y Revisión entre pares, y de criterios y buenas prácticas de adquisición, adaptadas y obtenidas de diversas propuestas de adquisición, dirigidas a pequeños contextos.

### 7.1. Conclusiones del proyecto

Como resultado de la revisión de las distintas fuentes de literatura para el cumplimiento de los objetivos planteados y la consecuente elaboración de la metodología, se presentan las siguientes aportaciones y conclusiones:

- Se logró identificar y describir diversos modelos, estándares y marcos de trabajo, relacionados a la adquisición de Software, entre ellos Software Acquisition Capability Maturity Model (SA-CMM), Capability Maturity Model for acquisition (CMMI for acquisition), IEE Std. 1062 Recommended Practice for Software Acquisition (IEEE 1062), NTP-ISO/IEC 12207 Information Technology/Software Life Cycle Processes (NTP-ISO/IEC 12207) e Information Services Procurement Library (ISPL). Además se identificó su aplicabilidad a pequeños contextos a través de los diversos criterios establecidos en la tabla comparativa de las propuestas de adquisición identificadas.
- Se logró la identificación, descripción y selección de técnicas de verificación y validación aplicables a la etapa de análisis de sistemas de información, así como la determinación de la aplicación a pequeños contextos de dichas técnicas a través de los diversos criterios establecidos en la tabla comparativa de las técnicas de verificación y validación identificadas.
- Se logró definir un patrón de documentación en base a ISO/IEC TR 24774 (2010), compuesto por roles, actividades, tareas, entradas, salidas y artefactos que favorecen el entendimiento, la referencia y uso de la metodología en otros modelos. También se logró incluir como parte de la arquitectura de la metodología las fases de Planificación, Implementación y Aceptación, correspondientes al proceso de adquisición de IEEE 1062, de tal manera que las actividades pertenecieran a una de estas fases.

- Se logró documentar la metodología a través de la definición de los componentes de la metodología, la especificación de la metodología, la descripción en detalle de las actividades en su contexto, los diagramas y la elaboración de artefactos, teniendo como base el patrón de documentación y la arquitectura definidos.
- Se logró validar la metodología propuesta con resultado favorable, mediante la ejecución de juicio de expertos, a partir de la elaboración de una plantilla usada como instrumento para dicho fin. Además se realizó un análisis posterior a la realización del juicio de expertos en donde se exponen las observaciones, críticas y recomendaciones expresadas por el revisor que servirán como retroalimentación para corregir y mejorar la metodología.
- Finalmente, y como consecuencia del cumplimiento de los objetivos específicos, la metodología desarrollada cumple con el objetivo general de ser una metodología, dirigida a pequeños contextos, con la finalidad de guiar a través del proceso de adquisición durante la etapa de análisis de sistemas de información, aplicando técnicas de verificación y validación.

## 7.2. Trabajo futuro

Algunos de los elementos a ser desarrollados a futuro e identificados durante el desarrollo del presente proyecto de fin de carrera son:

- La Mejora del marco metodológico, a través del desarrollo de actividades que abarquen todas las fases del proceso de adquisición de software y la consecuente consideración del ciclo de vida completo del desarrollo de sistemas de información.
- La aplicación de la metodología o una versión mejorada de esta a la adquisición de un sistema de información desarrollado a la medida, con la finalidad de establecer un estudio de caso en donde se puedan identificar dificultades y barreras de aplicación para una posterior mejora.
- El desarrollo de dos artículos en base a los temas desarrollados en el presente proyecto de fin de carrera.
- La adecuación de la metodología al uso de tecnologías de la Web 2.0, con la finalidad de facilitar la accesibilidad, uso y retroalimentación de la metodología; por ejemplo mediante wikis, blogs y aplicaciones que se integren con otras que posean la capacidad de compartir recursos como Google drive.

## 8. Referencias bibliográficas

- ASSMANN, D. y T. PUNTER  
2003 *Towards partnership in Software subcontracting. Elsevier.*
- AKBAR, Uzair; BLEKINGE, Raja y Tekniska HÖGSKOLA  
2009 “Empirical Studies of Requirements Validation Techniques”. *2nd International Conference on. Ronneby, Sweden.*
- BERENBACH, Brian; PAULISH, Daniel; KAZMEIER, Juerguen y Arnold RUDORFER  
2009 *Software & Systems Requirements Engineering in Practice.*
- BIOLCHINI, Jorge; GOMES MIAN, Paula; CÁNDIDA, Ana; CRUZ, Natali y Guilherme HORTA TRAVASSOS,  
2005 *Systematic Review in Software Engineering.* Rio de Janeiro: PESC, pp. 1
- BONIFACIO ELOY MENDOZA ORTIZ  
2009 *Definición de planes de acción como resultado de las evaluaciones de procesos Software en las pequeñas y medianas empresas Software.* Tesis para obtener el grado de maestro en ingeniería de Software. Oaxaca: Universidad Tecnológica de la Mixteca
- CALVO-MANZANO, José; GARZÁS, Javier; PIATTINI, Mario; PINO, Francisco; SALILLAS Jesús y José Luis SÁNCHEZ  
2008 “Perfiles del ciclo de vida del Software para pequeñas empresas: los informes técnicos ISO/IEC 29110 ” en Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software, Vol.4, No. 2.
- CINCOM SYSTEMS INC  
2008 *To Build or Buy? A Question of Application Development for Compliance and Quality Systems.* White Paper.
- ESCOBAR PEREZ; Jazmine y Ángela CUERVO MARTINEZ  
2008 *Validez de Contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización*
- GASCA, Gloria y Gonzalo CUEVAS  
2008 “Un análisis crítico comparativo de modelos y estándares relacionados con la adquisición del Software”. *VII Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento.* Guayaquil, p. 117-125.
- GENDREAU, Olivier; ROBILLARD, Pierre y Pierre LABRÈCHE,  
2007 *Peer reviews a V & V Standard Compliance Technique, An Aviation Industry Case Study.* Electrical and Computer Engineering.

- HULL, Elizabeth; JACKSON, Ken y Jeremy DICK  
2005 *Requirements Engineering, second edition.*
- INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS (IEEE)  
1998 *IEEE Std 1062. Recommended Practice for Software Acquisition.*
- INEI  
2013 Micro, Pequeñas y Medianas empresas concentran mas del 20% de las ventas. Consulta: 20 de Marzo del 2015.  
<<http://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/micro-pequenas-y-medianas-empresas-concentran-mas/>>
- INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS  
1998 "IEEE Std 1062: 1998 Recommended Practice for Software Acquisition". *Software Engineering Standards Committee of the IEEE Computer Society.*  
1998 *IEEE 830 Recommended Practice for Software Requirements Specifications.*  
2008 *IEEE 10208. Stándar for software reviews and audits.*
- INFORMATION SYSTEM PROCUREMENT LIBRARY (ISPL)  
Consulta: 2 de Marzo del 2015.  
< <http://projekte.fast.de/ISPL/>>
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIAS DE LA COMUNICACIÓN (INTECO)  
2009 *Guía de Validación y Verificación.* Madrid: Laboratorio Nacional de Calidad del Software.
- SOFTWARE ENGINEERING METAMODEL FOR DEVELOPMENT  
METHODOLOGIES ISO/IEC  
2006 *NTP-ISO/IEC 12207.*  
2007 *ISO/IEC 24744.*  
2008 *ISO/IEC 12207*  
2010 *ISO/IEC TR 24774*  
2011 *ISO/IEC 29110*
- JOHAN C.  
2005 *IT Services Procurement, Based on ISPL - a Pocket Guide.* Van Haren Publishing.
- KENDALL, Kenneth E. y Julie E. KENDALL  
2011 *Análisis y Diseño de Sistemas.* Octava edición.

- KITCHENHAM, Bárbara  
2004 "Procedures for performing systematic reviews". Vol. 33. Keele, pp. 1-3.
- LADRÓN DE GUEVARA  
GERVERA, Michele; HINCAPIÉ, Jhoana; JACKMAN, Joseph; HERRERA, Omar y Carlo Vinicio CABALLERO URIBE  
2008 "Revisión por pares: ¿Qué es y para qué sirve?". *Salud*. Barranquilla, v.24, n.2.  
<[http://www.scielo.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-55522008000200011&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-55522008000200011&lng=es&nrm=iso)>
- LALIOTI, Vali  
1997 "Animation for Validation of Business System Specifications". [System Sciences, Proceedings of the Thirtieth Hawaii International Conference. Maui County, volumen 2](#), pp. 220 – 229.
- LINDVALL M. y SANDAHL  
1996 "Practical implications of traceability". *Journal of Software Practice and Experience*. pp. 1161-1180.
- LOUCOPOULOS, Pericles Et. al.  
2005 *Engineering and Managing Software Requirements*. Editorial Springer
- MCGARTLAND, D Et. al  
2003 "Objectifying content validity: Conducting a content validity study in social work research". *Social Work Research*. Número 27, volume 2, pp. 94 -104.
- MINISTERIO DE ADMINISTRACIONES PÚBLICAS  
2001 *Introducción a Métrica Versión 3*. Madrid.
- MISHRA, D., and MISHRA, A.  
2007 "Efficient Software review process for small and medium enterprises". *IET Software*. Pp. 132-142.
- PETERSEN, Kai; FELDT Robert, MUJTABA Shahid y Michael MATTSSON  
2008 "Systematic Mapping Studies in Software Engineering". School of Engineering, Blekinge Institute of Technology.
- PMBOK  
2013 *Guide, A Guide to the project Management Body of Knowledge*. Quinta Edition.
- POHL, Klaus  
2010 *Requirements Engineering: Fundamentals, Principles, and Techniques*. Springer Publishing Company.

- PRESSMAN, Roger  
2010 *Ingeniería del software, Un enfoque práctico.*
- RAMESH B. y JARKE  
2001 "Toward reference models for requirements traceability". *IEEE Transactions on Software Engineering*. Vol. 27, No. 1.
- RUNESON, P., ANDERSSON, C. Y THELIN, T.  
2006 *What Do We Know about Defect Detection Methods*. IEEE Software
- OMG  
2011 *Documento normativo formal/2011-01-03 asociado con Business Process Model and Notation (BPMN) Versión 2.0.*
- SANZ ESTEBAN, Ana  
2012 *Marco metodológico para la mejora de las actividades de Verificación y Validación de Productos Software*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Carlos III, Departamento de informática.
- SIMMONS, R.A.  
1989 "SQE vs SQA vs IV&V". *Aerospace and Electronics Conference*. Dayton: IEEE.  
1990 "Software Quality Assurance (SQA) early in the acquisition process". *Aerospace and Electronics Conference*. Dayton: IEEE.
- SINGH, Raghu  
1995 *International Standard ISO/IEC 12207 Software Life Cycle Processes*. Washington.
- SKJONG, R. y WENTWORTH, B.  
2000 *Expert Judgement and risk perception*
- SOFTWARE ENGINEERING INSTITUTE OF CARNEGIE MELLON UNIVERSITY  
2002 *SA-CMM. Software Acquisition Capability Maturity Model. Version 1.03.*  
2007 *CMMI for Acquisition, Version 1.2*  
2010 *CMMI for development version 1.3.*  
2010 *CMMI for Acquisition. Version 1.3.*
- SOMMERVILLE, Ian  
2005 *Ingeniería del software*. 7 ma edición.
- STANDISH GROUP INTERNATIONAL  
2009 "The 10 Laws of CHAOS". *CHAOS Summary*.

- SVENNERBERG, Daniel  
2001 "Software Acquisition Management Guidelines". *The Department of Computer and Information Science*. Suecia, p. 16.
- TABARES, Marta Silvia; ARANGO, Fernando y Raquel ANAYA  
2006 "Una revisión de modelos y semánticas para la trazabilidad de requisitos". *Revista EIA*. Medellín, Número 6, p. 33-42.
- TRAN VAN, Hung; VAN LAMSWEERDE, Axel; MASSONET, Philippe y Cristophe PONSARD  
2004 "Goal-oriented requirements animation". *Proceedings of the 12th IEEE International Requirements Engineering Conference*.
- TRAYLOR, Polly y LLOYD, David  
2006 "To build or to buy IT applications?". *Build vs. Buy. Scientific Computing & Instrumentation*.
- TOKAR, R., y S. MANKEFORTS  
2003 "A survey on testing and reuse". *The Proceedings of the IEEE International Conference on Software – Science, Technology and Engineering*. Israel, pp. 164-173.
- UTKIN, L. V.  
2006 "A method for processing the unreliable expert judgments about parameters of probability distributions". [Versión Electrónica]. *European Journal of Operational Research*. Numero 175, volumen 1, pp. 385 – 398.
- VAN BON, Jan y Verheijen TIENEKE  
2006 *Frameworks for IT Management*. Vigésimo Segundo Edición. Netherland: Van Haren Publishing.
- VEGA ZEPEDA, Vianca  
2012 *Metodología para el aseguramiento de la calidad en la adquisición del Software (proceso y producto) y servicios correlacionados. (MACAD-PP)*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Facultad de informática.
- WIEGERS, K.  
2003 *Software Requirements*. Segunda Edición. Microsoft Press.