Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos e Ingeniería de Software

Facultad de Informática

Metodología para el Aseguramiento de la Calidad en la Adquisición del Software (proceso y producto) y servicios correlacionados. (MACAD-PP)

Vianca Rosa Vega Zepeda

Ingeniero Civil en Computación e Informática

Director de tesis: Dr. Jose Antonio Calvo-Manzano Villalón

Julio 2012

*Dedicado a **Vanessa** y a **Valeria**, regalitos del cielo que iluminan mi vida. Cómplices en esta aventura. Mi esfuerzo es por ustedes y para ustedes. No hay palabras que puedan expresar cuánto las amo.*

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por las oportunidades que me ha dado, por los padres con los que me bendijo y por las hijas maravillosas que ha puesto a mi cuidado.

Durante el desarrollo de esta tesis conté con el apoyo de personas maravillosas que estuvieron a mi lado cada vez que lo necesité. Primero que todo debo agradecer a mi familia, en especial a mis hermanas Mónica y Myriam y a mi "sobrino-hermano" Esteban. Gracias por cada palabra de aliento que me entregaron y por el apoyo logístico en los viajes. Uds. son pilares fundamentales en mis logros.

También agradezco el apoyo incomparable de mi "hermana por elección" Gloria Gasca. Amiga querida, sin duda conocerte y contar con tu amistad ha sido el resultado más trascendente de mis estudios doctorales.

Agradezco a los profesores e integrantes de la Cátedra para la Mejora de Procesos en el espacio Iberoamericano de la Universidad Politécnica de Madrid por integrarme a trabajar con ellos, en especial a mi Director de tesis Dr. Jose Calvo-Manzano Villalón por todo su apoyo y guía.

Finalmente, pero no por eso menos importante, doy gracias al Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Católica del Norte por la oportunidad otorgada. Gracias a los colegas y amigos que siempre creyeron en mí y me apoyaron en este largo proceso. Gracias a aquellos que alegran mis mañanas junto a un café (José y Ricardo). A los amigos siempre dispuestos a oír mis preocupaciones e ideas y compartir gratos momentos (Marco y Pamela).

Muy especialmente debo agradecer a Claudio Meneses. Claudio, sin tu ayuda y tu confianza en mí, no hubiese llegado a la meta. Gracias por tu apoyo, por las palabras dichas en los momentos precisos y porque siempre estás cuando lo necesito.

RESUMEN

El presente documento muestra el desarrollo de la Tesis Doctoral denominada "***Metodología de Aseguramiento de la Calidad en el proceso de Adquisición de Software, incluyendo las dimensiones de Proceso y de Producto (MACAD-PP)***".

Esta investigación busca solucionar el problema actual que enfrentan las organizaciones que adquieren productos de software, asociado a la pérdida de control sobre la calidad del proceso desarrollado por su proveedor, lo que genera la obtención de un producto de software también de baja calidad.

La solución propuesta, se basa en una metodología, especificada a través de etapas y tareas a realizar por parte del adquiriente y del proveedor, que permite incorporar en los proyectos de adquisición de software, las buenas prácticas recomendadas por reconocidos modelos y estándares, tales como CMMI-ACQ, ISO 9126, PRINCE2, entre otros.

Esta estrategia multimodelo utilizada, permitió generar un conjunto de activos de procesos que apoyan el desarrollo de las tareas sugeridas. Cada activo generado toma en consideración las recomendaciones de calidad sugeridas para los distintos productos de trabajo.

La propuesta fue utilizada en un caso real, a través del diseño y desarrollo de un experimento en la adquisición de un producto de software a la medida para el Jardín Infantil (Guardería) Takinki, en la ciudad de Antofagasta, Chile. Como resultado de este experimento, se obtuvo una mejora en el proceso de adquisición, logrando una menor tasa de errores en el producto, una planificación más acertada y un aumento en la satisfacción del cliente. Lo anterior permitió validar la hipótesis de trabajo inicial.

Como aportaciones del trabajo realizado, se obtuvieron los siguientes méritos: Identificación de patrones de proyectos de adquisición de software, artículos científicos presentados en eventos internacionales, ponencias, y la generación de nuevos proyectos de investigación que dan continuidad a la investigación desarrollada.

ABSTRACT

This document describes the development of the doctoral thesis entitled "Methodology for Quality Assurance in Software Acquisition Process, including the Dimensions of the Process and the Product (MACAD-PP)".

The present research seeks to solve a problem that organizations who acquire software are currently faced with, which is that they lose control of the quality to the software provider, which results in a software product that is low quality.

The proposed solution is based on a methodology specified by stages and tasks to be performed by the acquirer and provider, which allows for software acquisition projects to incorporate good practices recommended by recognized models and standards such as CMMI-ACQ, ISO 9126, PRINCE2, and others.

The multi-model strategy generated a set of results that support the development of the suggested tasks. Each result upheld the recommended quality of the different products.

The proposal was used in a real case. An experiment in the acquisition of a software product tailored for Takinki Kindergarten in Antofagasta, Chile was designed and developed. As a result of this experiment, we obtained an improvement in the acquisition process: a lower rate of errors in the product, more accurate planning and an increase in customer satisfaction. This result supported the hypothesis.

The contributions of this work include: identifying patterns for software acquisition projects, scientific papers presented at international events and lectures, and guidance toward future research.

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN VII
ABSTRACT IX
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN 1
1. INTRODUCCIÓN 3
1.1. CONTEXTO 3
1.2. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD EN LOS PROYECTOS DE ADQUISICIÓN 7
1.3. NECESIDAD DE RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA 10
1.4. OBJETIVOS DEL TRABAJO 12
1.5. APROXIMACIÓN A LA RESOLUCIÓN 13
1.6. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO 15
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE 17
2. ESTADO DEL ARTE 19
2.1. ADQUISICIÓN DEL SOFTWARE 19
2.2. CALIDAD DEL SOFTWARE 32
2.3. MODELOS Y ESTÁNDARES QUE TRATAN CON LA CALIDAD 35
2.4. GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL SOFTWARE 51
2.5. CALIDAD DESDE LA VISIÓN DEL CLIENTE 62
2.6. CALIDAD DESDE LA VISIÓN DEL PROVEEDOR 64
2.7. CRITERIOS DE CALIDAD PARA LOS PRODUCTOS 67
2.8. CRITERIOS DE CALIDAD PARA EL PROCESO 71
2.9. CONCLUSIONES 75
CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA E HIPÓTESIS 77
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA E HIPÓTESIS 79
3.1. VISIÓN GENERAL DEL PROBLEMA 79
3.2. PROCESO DE RESOLUCIÓN 80
3.3. PLAN DE TRABAJO 81
3.4. HIPÓTESIS DE TRABAJO 82
CAPÍTULO 4: RESOLUCIÓN 85
4. RESOLUCIÓN 87
4.1. INTRODUCCIÓN 87
4.2. ROLES PARTICIPANTES 88
4.3. ESPECIFICACIÓN DE MACAD-PP 90
4.4. RESPONSABLES Y PARTICIPANTES 117
4.5. DESCRIPCIÓN DE LOS ACTIVOS DE PROCESOS 118
CAPÍTULO 5: EXPERIMENTACIÓN 125
5. EXPERIMENTACIÓN 127
5.1. INTRODUCCIÓN 127
5.2. DISEÑO DE EXPERIMENTOS PARA INGENIERÍA DE SOFTWARE 127
5.3. EXPERIMENTACIÓN DE MACAD-PP 130
5.4. VALIDACIÓN DE LAS HIPÓTESIS 137
5.5. DIFICULTADES ENFRENTADAS 139

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS 141
6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS 143
6.1. MACAD-PP 143
6.2. PATRONES DE PROYECTOS DE ADQUISICIÓN DE SOFTWARE 144
6.3. SOBRE LA EXPERIMENTACIÓN 145
6.4. LÍNEAS FUTURAS 146
6.5. MÉRITOS DE INVESTIGACIÓN 146
CAPÍTULO 7: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 149
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 151
ANEXO A: ACTIVOS DE PROCESOS DE MACAD-PP 155
A.1. REVISIÓN DE LA LICITACIÓN 157
A.1.1. LISTA DE COMPROBACIÓN DE LA LICITACIÓN 157
A.1.2. DOCUMENTO DE ACEPTACIÓN DE LA LICITACIÓN 160
A.2. REVISIÓN DEL CONTRATO 162
A.2.1. LISTA DE COMPROBACIÓN DEL CONTRATO 162
A.2.2. DOCUMENTO DE ACEPTACIÓN DEL CONTRATO 165
A.3. REVISIÓN ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE 167
A.3.1. LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA ERS 167
A.3.2. DOCUMENTO DE ACEPTACIÓN DE LA ERS 171
A.4. DEFINICIÓN DE CRITERIOS 173
A.4.1. CATÁLOGO DE CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES 173
A.4.2. ESPECIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL PROVEEDOR 175
A.4.3. CATÁLOGO DE CRITERIOS DE CALIDAD PARA EL PROCESO 177
A.4.4. ESPECIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE CALIDAD PARA EL PROCESO 179
A.4.5. CATÁLOGO DE CRITERIOS DE CALIDAD PARA EL PRODUCTO 181
A.4.6. ESPECIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE CALIDAD PARA EL PRODUCTO 183
A.5. PLAN DE ACEPTACIÓN 186
A.5.1. CATÁLOGO DE MECANISMOS DE CONTROL DE CAMBIO 186
A.5.2. CATÁLOGO DE ACTIVIDADES DE PPQA 189
A.5.3. CATÁLOGO DE MECANISMOS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS 198
A.5.4. CATÁLOGO DE MECANISMOS DE COMUNICACIÓN 200
A.5.5. MATRIZ DE RESPONSABILIDADES 202
A.5.6. PROTOCOLO DE ACEPTACIÓN 205
A.5.7. PLAN DE ACEPTACIÓN 207
A.5.8. LISTA DE COMPROBACIÓN DEL PLAN DE ACEPTACIÓN 210
A.6. ACTIVOS RELACIONADOS CON ACTIVIDADES PROVEEDOR 213
A.6.1. INFORME DE VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL PROVEEDOR 213
A.6.2. LISTA DE COMPROBACIÓN DE LOS INFORMES DEL PROVEEDOR 215
A.6.3. DOCUMENTO DE ACEPTACIÓN DE LOS INFORMES DEL PROVEEDOR 218
A.7. ACTIVIDADES DE CIERRE DEL PROYECTO 220
A.7.1. INFORME DE RESULTADOS 220
A.7.2. INFORME DE ACEPTACIÓN 222

A.7.3. FORMULARIO DE EVALUACIÓN DEL PROVEEDOR 224
A.7.4. FORMULARIO DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO 227
A.8. OTROS DOCUMENTOS 231
A.8.1. REGISTRO DE ACTIVIDAD REALIZADA 231
A.8.2. REGISTRO DE NO CONFORMIDADES 234
ANEXO B: PATRONES DE PROYECTOS DE ADQUISICIÓN DE SOFTWARE 235
ANEXO C: CASO DE ESTUDIO 243
C.1. DESCRIPCIÓN SISTEMA ADMINISTRADOR JARDÍN TAKINKI 245
C.2. APLICACIÓN DE MACAD-PP 246

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. 1.- ESQUEMA DE LA PROPUESTA 14
FIGURA 1. 2.- ALCANCE DE LA METODOLOGÍA EN RELACIÓN AL CICLO DE VIDA DE ADQUISICIÓN 15

FIGURA 2. 1.- CLASIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS DE ADQUISICIÓN 20
FIGURA 2. 2.- UN PROCESO DE ADQUISICIÓN DE SOFTWARE, SEGÚN ASSMANN 21
FIGURA 2. 3.- CICLO DE VIDA DE LA ADQUISICIÓN SEGÚN IEEE 1062 22
FIGURA 2. 4.- PROCESO PARA LA ADQUISICIÓN DE SOFTWARE 24
FIGURA 2. 5.- VISIÓN GENERAL DEL PROCESO DE ADQUISICIÓN DEL SOFTWARE 25
FIGURA 2. 6.- JERARQUÍA DE REQUISITOS NO FUNCIONALES SEGÚN CHUNG Y NIXON 35
FIGURA 2. 7.- ESTRUCTURA GENERAL DE LOS MODELOS DE CALIDAD SEGÚN FIRESMITH [46] 36
FIGURA 2. 8.- MARCO CONCEPTUAL DEL MODELO DE CALIDAD [49] 41
FIGURA 2. 9.- INTERACCIÓN DE ACTIVIDADES ENTRE EQCF Y PROYECTO DE DESARROLLO 43
FIGURA 2. 10.- PROCESO DE CALIDAD DEFINIDO POR PRINCE2 46
FIGURA 2. 11.- DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD [51] 50
FIGURA 2. 12.- RELACIÓN ENTRE LOS PROCESOS DE CALIDAD Y LOS PROCESOS DE SOFTWARE 52
FIGURA 2. 13.- RELACIÓN ENTRE LA GESTIÓN DE PROYECTO Y LA GESTIÓN DE CALIDAD 52
FIGURA 2. 14.- RELACIÓN ENTRE LAS MACRO ACTIVIDADES DE GESTIÓN DE CALIDAD 54
FIGURA 2. 15.- PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD [12] 56
FIGURA 2. 16.- REVISIONES DE LOS PRODUCTOS Y PROCESOS 65
FIGURA 2. 17.- RELACIÓN ENTRE LOS ESTÁNDARES DE PROCESO Y PRODUCTO 73

FIGURA 4. 1.- ESTRUCTURA DE MACAD-PP 87
FIGURA 4. 2.- RESTRICCIONES DE APLICACIÓN DE MACAD-PP 88
FIGURA 4. 3.- CLASIFICACIÓN DE LOS ROLES PARTICIPANTES EN MACAD-PP 89
FIGURA 4. 4.- ACTIVIDADES DE MACAD-PP Y SU RELACIÓN CON EL CICLO DE VIDA DE LA ADQUISICIÓN 91
FIGURA 4. 5.- DIAGRAMA GENERAL DE MACAD-PP 92
FIGURA 4. 6.- DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD 1.1 *"REVISAR LA LICITACIÓN"* 94
FIGURA 4. 7.- DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD 1.2 "*DEFINIR CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL PROVEEDOR*" 95
FIGURA 4. 8.- DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD 1.3 "*DEFINIR LOS CRITERIOS DE CALIDAD PARA EL PROCESO*" 96
FIGURA 4. 9.- DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD 1.4 "*DEFINIR LOS CRITERIOS DE CALIDAD PARA EL PRODUCTO*" 97
FIGURA 4. 10.- DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD "*DEFINIR VERSIÓN 0 DEL PLAN DE ACEPTACIÓN*" 99
FIGURA 4. 11.- DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD 1.6 "*DEFINIR PROTOCOLO DE ACEPTACIÓN*" 100
FIGURA 4. 12.- DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD 2.1 "*ASIGNAR RESPONSABILIDADES DE PPQA*" 101
FIGURA 4. 13.- DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD 2.2 "*REVISAR EL CONTRATO*" 103
FIGURA 4. 14.- DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD 2.3 "*AJUSTAR EL PLAN DE ACEPTACIÓN*" 104
FIGURA 4. 15.- DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD 2.4 "*AJUSTAR EL PROTOCOLO DE ACEPTACIÓN*" 105
FIGURA 4. 16.- DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD 3.1 "*REVISAR EL PLAN DE ACEPTACIÓN*" 107
FIGURA 4. 17.- DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD 3.2 "*REVISAR LA ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE*" 109
FIGURA 4. 18.- DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD 3.3 "*EJECUTAR PLAN DE VALIDACIÓN Y VERIFICACIÓN*" 110
FIGURA 4. 19.- DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD 4.1 "*REVISAR LOS INFORMES DEL PROVEEDOR*" 112
FIGURA 4. 20.- DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD 4.2 "*CONTRASTAR LOS RESULTADOS*" 114
FIGURA 4. 21.- DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD 4.3 "*EJECUTAR PROTOCOLO DE ACEPTACIÓN*" 115
FIGURA 4. 22.- DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD 5.1 "*EVALUAR AL PROVEEDOR*" 116
FIGURA 4. 23.- DIAGRAMA DE LA ACTIVIDAD 5.2 "*EVALUAR LOS RESULTADOS DEL PROYECTO*" 117

FIGURA 5. 1.- CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO DE CASO 128
FIGURA 5. 2.- PROCESO PARA EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS SEGÚN WOHLIN 129
FIGURA 5. 3.- HIPÓTESIS PRINCIPAL 130
FIGURA 5. 4.- ADAPTACIÓN DE MACAD-PP PARA EL SISTEMA ADMINISTRADOR JARDÍN TAKINKI 131
FIGURA 5. 5.- GRÁFICO DE EVOLUCIÓN DE LA VARIABLE TELC 133
FIGURA 5. 6.- GRÁFICO DE EVOLUCIÓN DE LA VARIABLE DESPLAN 134
FIGURA 5. 7.- GRÁFICO DE EVOLUCIÓN DE LA VARIABLE PREQ 136
FIGURA 5. 8.- GRÁFICO DE EVOLUCIÓN DE LA VARIABLE SATUS 137

FIGURA B. 1.- PATRONES DE PROYECTOS DE ADQUISICIÓN DE SOFTWARE 239

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 - 1.- OBJETIVOS DE LOS ACTORES EN LOS PROYECTOS DE ADQUISICIÓN 4
TABLA 1 - 2.- EMPRESAS ESPAÑOLAS SEGÚN ESTRATO DE ASALARIADOS, AÑOS 2009 -2011 6
TABLA 1 - 3.- TIPOS DE PYMES EN CHILE, SEGÚN SU VOLUMEN DE VENTA ANUAL 6
TABLA 1 - 4.- DISTRIBUCIÓN DE PYMES POR TAMAÑO EN CHILE 7
TABLA 1 - 5.- PORCENTAJE DE EMPRESAS, POR TAMAÑO, SEGÚN LOS SERVICIOS INFORMÁTICOS QUE DISPONE 7
TABLA 1 - 6.- NODOS DE INVESTIGACIÓN RELACIONADOS CON LA CALIDAD DEL PROCESO Y DEL PRODUCTO CONFORME A IPRC 11

TABLA 2- 1.- MODELOS RELACIONADOS CON LA ADQUISICIÓN DE SOFTWARE 26
TABLA 2- 2.- TEMAS ASOCIADOS CON LA ADQUISICIÓN SEGÚN LA PROPUESTA DE SALWIN 27
TABLA 2- 3.- ACTIVIDADES A REALIZAR POR EL CLIENTE, SEGÚN EL ESTÁNDAR ISO/IEC 12207:2008 29
TABLA 2- 4.- ACTIVIDADES A REALIZAR POR EL PROVEEDOR SEGÚN EL ESTÁNDAR ISO/IEC 12207:2008 30
TABLA 2- 5.- OBJETIVO DE LAS PRÁCTICAS SEGÚN EL CICLO DE VIDA DEL MODELO ESCM-SP 31
TABLA 2- 6.- OBJETIVOS DE LAS PRÁCTICAS SEGÚN EL ÁREA DE CAPACIDAD DEL MODELO ESCM-SP 31
TABLA 2- 7.- OBJETIVOS DE LAS PRÁCTICAS SEGÚN LOS NIVELES DE CAPACIDAD DEL MODELO ESCM-SP 32
TABLA 2- 8.- DEFINICIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LOS REQUISITOS DE CALIDAD. 36
TABLA 2- 9.- MODELO DE CALIDAD DE MCCALL 38
TABLA 2- 10.- CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD, SEGÚN EL ESTÁNDAR ISO 9126 40
TABLA 2- 11.- REGISTROS REQUERIDOS POR LA NORMA ISO 9001:2000 42
TABLA 2- 12.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PROCESOS DE CALIDAD, SEGÚN PMBOK 49
TABLA 2- 13.- ACTIVIDADES ASOCIADAS A LA GESTIÓN DE CALIDAD, SEGÚN EL ESTÁNDAR ISO/IEC 12207:2008 53
TABLA 2- 14.- OBJETIVOS Y PRÁCTICAS ESPECÍFICAS DE LA VERIFICACIÓN, SEGÚN EL MODELO CMMI-ACQ 60
TABLA 2- 15.- ACTIVIDADES DE VERIFICACIÓN RECOMENDADAS POR EL ESTÁNDAR ISO/IEC 12207:2008 61
TABLA 2- 16.- OBJETIVOS Y PRÁCTICAS ESPECÍFICAS DE LA VALIDACIÓN, SEGÚN EL MODELO CMMI-ACQ 61
TABLA 2- 17.- ACTIVIDADES DE VERIFICACIÓN RECOMENDADAS POR EL ESTÁNDAR ISO/IEC 12207:2008 62
TABLA 2- 18.- ÁREA DE PROCESO PPQA 63
TABLA 2- 19.- ROLES PARTICIPANTES EN LAS INSPECCIONES 66

TABLA 3 - 1.- HIPÓTESIS DE TRABAJO 84

TABLA 4 - 1.- ACTIVIDAD 1.1 "*REVISAR LA LICITACIÓN*" 93
TABLA 4 - 2.- ACTIVIDAD 1.2 "*DEFINIR LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL PROVEEDOR*" 95
TABLA 4 - 3.- ACTIVIDAD 1.3 "*DEFINIR LOS CRITERIOS DE CALIDAD PARA EL PROCESO*" 96
TABLA 4 - 4.- ACTIVIDAD 1.4 "*DEFINIR LOS CRITERIOS DE CALIDAD PARA EL PRODUCTO*" 97
TABLA 4 - 5.- ACTIVIDAD 1.5 "*DEFINIR VERSIÓN 0 DEL PLAN DE ACEPTACIÓN*" 98
TABLA 4 - 6.- ACTIVIDAD 1.6 "*DEFINIR PROTOCOLO DE ACEPTACIÓN*" 100
TABLA 4 - 7.- ACTIVIDAD 2.1 "*ASIGNAR RESPONSABILIDADES DE PPQA*" 101
TABLA 4 - 8.- ACTIVIDAD 2.2 "*REVISAR EL CONTRATO*" 102
TABLA 4 - 9.- ACTIVIDAD 2.3 "*AJUSTAR EL PLAN DE ACEPTACIÓN*" 103
TABLA 4 - 10.- ACTIVIDAD 2.4 "*AJUSTAR PROTOCOLO DE ACEPTACIÓN*" 105
TABLA 4 - 11.- ACTIVIDAD 3.1 "*REVISAR EL PLAN DE ACEPTACIÓN*" 106
TABLA 4 - 12.- ACTIVIDAD 3.2 "*REVISAR LA ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE*" 108
TABLA 4 - 13.- ACTIVIDAD 3.3 "*EJECUTAR PLAN DE VALIDACIÓN Y VERIFICACIÓN*" 110
TABLA 4 - 14.- ACTIVIDAD 4.1 "*REVISAR LOS INFORMES DEL PROVEEDOR*" 111
TABLA 4 - 15.- ACTIVIDAD 4.2 "*CONTRASTAR LOS RESULTADOS*" 113
TABLA 4 - 16.- ACTIVIDAD 4.3 "*EJECUTAR PROTOCOLO DE ACEPTACIÓN*" 115
TABLA 4 - 17.- ACTIVIDAD 5.1 "*EVALUAR AL PROVEEDOR*" 116
TABLA 4 - 18.- ACTIVIDAD 5.2 "*EVALUAR LOS RESULTADOS DEL PROYECTO*" 117
TABLA 4 - 19.- MATRIZ DE RESPONSABILIDADES DE LAS ACTIVIDADES DE MACAD-PP 118
TABLA 4 - 20.- TIPOS DE ACTIVOS 119

TABLA 5 - 1.-. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES UTILIZADAS EN EL EXPERIMENTO 132
TABLA 5 - 2.- VALORES DE LAS VARIABLES EN CADA ITERACIÓN 132

TABLA 5 - 3.- COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS DE TRABAJO 138

TABLA A - 1.- PROCESO DE GESTIÓN DE CAMBIOS RECOMENDADO 187
TABLA A - 2.- FORMULARIO DE SOLICITUD DE CAMBIOS 188
TABLA A - 3.- NIVELES DE CRITICIDAD DEL SOFTWARE 190
TABLA A - 4.- ACTIVIDADES MÍNIMAS DE V&V RECOMENDADAS, PARA EL NIVEL DE CRITICIDAD 1. 191
TABLA A - 5.- ACTIVIDADES MÍNIMAS DE V&V RECOMENDADAS, PARA EL NIVEL DE CRITICIDAD 2. 192
TABLA A - 6.- ACTIVIDADES MÍNIMAS DE V&V RECOMENDADAS, PARA EL NIVEL DE CRITICIDAD 3. 193
TABLA A - 7.- ACTIVIDADES MÍNIMAS DE V&V RECOMENDADAS, PARA EL NIVEL DE CRITICIDAD 4. 195
TABLA A - 8.- TAREAS DE V&V OPCIONALES. 196

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. CONTEXTO

Este documento presenta una Metodología de Aseguramiento de la Calidad, en el proceso de ADquisición de software, incluyendo las dimensiones del Proceso y del Producto (MACAD-PP).

Esta propuesta trata de aportar una solución a los problemas a los que se enfrentan en la actualidad las organizaciones que adquieren productos de software. ¿Cómo asegurar, desde etapas tempranas del ciclo de vida de adquisición, que finalmente se recibirá el producto correcto y que funcionará correctamente? La respuesta a esta pregunta es fundamental para evitar costes extras en la reelaboración de los productos o de los componentes adquiridos. Para conseguir este objetivo, se debe controlar tanto el desarrollo de los procesos como los productos en sí mismos.

La metodología propuesta, denominada MACAD-PP, incorpora una guía de actividades y procedimientos a aplicar, para conseguir el desarrollo exitoso de los proyectos de adquisición de software. Identifica e incorpora los diferentes roles y relaciona estos roles con las responsabilidades de las actividades a realizar. He aquí donde radica su fortaleza, dado que previo a este trabajo, no se han encontrado evidencias de propuestas que entreguen una guía detallada de qué actividades realizar y cómo desarrollar cada una de ellas. Esta metodología identifica criterios de calidad, tanto para el proceso de adquisición como para el producto adquirido, en base a los modelos de calidad existentes. MACAD-PP también está pensada para su adaptación a distintos tipos de proyectos de adquisición, considerando el tipo de producto a adquirir (a la medida, MOTS o COTS), la envergadura del proyecto o si el desarrollo se realizará insourcing u outsourcing.

1.1.1. *Adquisición del software*

En la actualidad, cada vez existe una tendencia mayor por parte de las organizaciones, a externalizar la producción del software [1, 2]. Esta tendencia ha provocado que las actividades relacionadas con la adquisición de software, cobren mayor relevancia, con el fin de alcanzar la satisfacción total de las metas planteadas en relación al nuevo producto requerido.

Según los autores del modelo CMMI-ACQ [1], la intención detrás de la estrategia de externalizar ciertas necesidades de una organización, es mejorar la eficiencia operacional de la misma, mediante la utilización de las capacidades de los proveedores, para obtener de forma rápida soluciones de calidad, a un bajo costo y con la tecnología más apropiada. Esta afirmación es coincidente con la definición dada por Assman [3], quien indica que la externalización es una

estrategia de gestión, mediante la cual una organización transfiere funciones secundarias a proveedores de servicios eficientes y especializados.

Existen múltiples motivos para externalizar un proyecto de desarrollo de software. Svennberg [2] presenta algunos de ellos:

- Es difícil contratar por periodos fijos a los desarrolladores.
- La externalización resulta más barata que contratar desarrolladores.
- La empresa externa puede desarrollar el programa más rápido, más barato y con mayor calidad que si lo realizara la misma organización.
- La organización no posee las competencias y recursos necesarios para el desarrollo del producto requerido.
- La organización necesita a su personal para realizar otras tareas.

El mismo autor presenta algunos inconvenientes que pueden surgir con la externalización [2]:

- La organización pierde control sobre el proceso de desarrollo del software, lo cual implica un alto riesgo.
- La organización no mejora sus propias competencias de desarrollo de software.

En cuanto a los actores que participan en los proyectos de adquisición, se pueden identificar como más relevantes al cliente, los usuarios finales y el proveedor o contratista. Cada uno de estos actores, posee su propia visión y metas en relación al producto que se desarrollará y al proyecto de adquisición en sí. Svennberg [2] plantea que en los proyectos de adquisición, un gran desafío es optimizar el cumplimiento de los objetivos de cada actor, teniendo en cuenta que estos objetivos, en ocasiones, se solapan o son contradictorios unos con otros. La Tabla 1 - 1, tomada de [2], resume los objetivos típicos de cada rol.

Tabla 1 - 1.- Objetivos de los actores en los proyectos de adquisición

Actor	Objetivos
Cliente	Maximizar el rendimiento técnico Maximizar la relación cliente-proveedor Maximizar el retorno sobre la inversión Minimizar los costes Minimizar la desviación del calendario
Usuario Final	Maximizar el rendimiento técnico Minimizar el tiempo de desarrollo
Proveedor	Maximizar la ganancia Maximizar la ganancia futura

1.1.2. *Problemas de los Proyectos de Adquisición*

Un alto porcentaje de los proyectos de adquisición fallan por diversos motivos. El Software Engineering Institute (SEI www.sei.cmu.edu), de la Universidad de Carnegie Mellon, informa que entre el 20% y 25% de los proyectos de adquisición fallan en dos años, y el 50% en cinco años [4]. De manera similar, The Standish Group (www.standishgroup.com), en el año 2009 informaba que [5]:

- El 24% de los proyectos de adquisición no finalizan.
- Sólo el 32% de los proyectos finaliza a tiempo y dentro del presupuesto.
- El 44% de los proyectos llega a término con un incremento en su presupuesto o tiempo planificado.

El SEI afirma que la mayoría de los fallos de los proyectos de adquisición se podrían haber evitado si los compradores aprendieran a prepararse apropiadamente, y gestionaran a los proveedores [4].

Según Assman y Punter [3], los problemas típicos que se presentan en los proyectos de adquisición están relacionados con la insuficiente especificación del software y con el bajo control durante su desarrollo. Esta última causa se refiere tanto al proceso como al producto. La primera causa se produce, según el autor, debido a tres factores:

- El uso de herramientas de documentación que no son muy sofisticadas.
- Un nivel inapropiado de documentación de los requisitos de software.
- La falta de participación de los usuarios durante la etapa de ingeniería de requisitos.

Simmons [6] identifica como problemas típicos:

- La falta de participación de los usuarios finales durante el desarrollo.
- Los cambios constantes en los requisitos.
- Una estructura de diseño difícil de gestionar.
- Planes de prueba incompletos.
- La mala gestión de la línea base del software.

El mismo autor argumenta que la falta de calidad de los productos software adquiridos, se debe a [7]:

- Las metodologías de desarrollo y diseño de software aplicadas.
- Factores humanos.
- La falta de actividades que aseguren que los requisitos están bien definidos y que son trazables a través del diseño y del desarrollo.

Para proyectos en general (no limitados a proyectos de adquisición de software), entre las causas de fracasos se identifican la insuficiente atención puesta en la calidad al inicio y durante el desarrollo del proyecto, y también al vacío en el control de calidad, lo que provoca que los productos liberados sean inaceptables o inutilizables [8].

En el estudio realizado por The Standish Group en el año 2009 [5], se identificaron los siguientes factores como los tres factores que más influyen en el éxito de los proyectos de adquisición:

- La participación de los usuarios.
- El soporte de la gestión ejecutiva.
- Una declaración clara de los requisitos de los usuarios.

Esta misma organización aconseja que para lograr proyectos de adquisición exitosos, se debe reducir el alcance de los mismos, proveer comunicación constante y acoplar los sistemas a una infraestructura de software estándar [9]. Si a lo anterior, además se le agrega la participación de las partes interesadas en el proyecto, un proceso de desarrollo iterativo, herramientas de gestión de proyectos y adhesión a los roles, el éxito es prácticamente seguro.

Los problemas descritos en los párrafos previos, se incrementan si la organización que está adquiriendo es una Pequeña y Mediana Empresa (PYME), dado que por sus características, no poseen grupos de desarrollo propios, ni personal especializado que pueda guiar los proyectos de adquisición de software. La Tabla 1 - 2, tomada del Instituto Nacional de Estadística de España (http://www.ine.es), muestra que este tipo de organización forma el mayor porcentaje del total de empresas del país.

Tabla 1 - 2.- Empresas españolas según estrato de asalariados, años 2009 -2011

Tipo Empresa	2011		2010		2009	
	Total	%	Total	%	Total	%
Micro-empresas	1299400	89,3%	1354176	89,3%	1402996	88,3%
Pequeñas	130994	9,0%	137161	9,0%	157242	9,9%
Medianas	23152	1,6%	24217	1,6%	26325	1,7%
Grandes	1709	0,1%	1704	0,1%	1797	0,1%
Total	1455255	100,0%	1517258	100,0%	1588360	100,0%

En Chile, la realidad no difiere mucho de España. El Instituto Nacional de Estadística ha publicado en Mayo del 2008 el primer estudio sobre las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas en Chile [10], según el cual, existen 83.347 PYMEs formales, de las cuales el 86% son pequeñas y el 14% medianas. Este estudio clasifica las PYMEs, según lo muestra la Tabla 1 - 3, en base al nivel de ventas anuales.

Tabla 1 - 3.- Tipos de PYMEs en Chile, según su volumen de venta anual

Categoría	Sub Categoría	Sigla	Ventas (US$ *)
Pequeña	Pequeñas Pequeñas	PP	106.000 – 440.500
	Pequeñas Grandes	PG	440.501 – 1.101.320
Medianas	Medianas Pequeñas	MP	1.101.321 – 2.202.640
	Medianas Medianas	MM	2.202.641 – 3.303960
	Medianas Grandes	MG	3.303961 – 4.405.285

*Valor aproximado en base a la equivalencia del dólar en mayo 2008. El rango original está dado en Unidades de Fomento definidas en Chile.
Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas, Chile

La Tabla 1 - 4 muestra la distribución de las PYMEs en Chile, según su tamaño. Se puede observar que del total de PYMEs formalmente establecidas, un alto porcentaje corresponde a las pequeñas.

Tabla 1 - 4.- Distribución de PYMEs por tamaño en Chile

	Pequeñas		Medianas			Total
	PP	PG	MP	MM	MG	
N° de empresas	55.945	16.089	6.952	2.724	1.637	83.347
Porcentaje	67,1	19,3	8,3	3,3	2,0	100

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas, Chile

A continuación se presentan algunas estadísticas, que respaldan la importancia de apoyar a las PYMEs en sus procesos de adquisición de software. La Tabla 1 - 5 muestra el tipo de servicios informáticos que poseen la PYMEs chilenas, según su tamaño. Se puede observar que los servicios más utilizados son internet y correo electrónico, siendo aún bajo el porcentaje de incorporación de otros servicios.

Tabla 1 - 5.- Porcentaje de Empresas, por tamaño, según los servicios informáticos que dispone

	Pequeñas		Medianas			% Total PYMEs
	PP	PG	MP	MM	MG	
E° con acceso a Internet (%)	61,4	80,8	90,0	95,0	96,0	69,3
E° que posee Intranet (%)	3,5	10,2	16,1	24,9	25,0	7,0
E° que posee Extranet (%)	2,4	4,2	5,8	8,0	7,4	3,3
E° que usa correo electrónico (%)	57,0	77,6	85,5	92,4	89,9	65,2
E° que posee Sitio Web (%)	9,9	23,5	31,7	42,6	49,7	16,2
E° con Servidores Web propios (%)	1,3	4,7	5,4	7,3	8,7	2,7
E° que usan servicios de hosting (%)	4,9	12,8	16,5	24,4	25,7	8,5

% sobre el total de empresas de cada tamaño
Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas, Chile

Los problemas planteados que generan los fracasos de los proyectos de adquisición, se deben a responsabilidades compartidas entre el comprador y el proveedor [4] y, por lo tanto, son una preocupación constante, tanto para quién compra el producto como para quién lo provee (ya sea la organización desarrolladora o un intermediario). Es por esto que la Metodología **MACAD-PP** incorpora e integra ambas visiones, las metas del comprador por obtener un producto de calidad, que satisfaga sus necesidades; y los objetivos de negocio del proveedor de obtener un producto que no eleve excesivamente sus costes de desarrollo, pero que al mismo tiempo le permita satisfacer a su cliente, en los presupuestos y planificaciones acordadas.

1.2. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD EN LOS PROYECTOS DE ADQUISICIÓN

Independiente de si el desarrollo de software se realiza dentro de la organización que lo utilizará, o es adquirido a un proveedor externo, día a día cobra mayor importancia la premisa que no basta con obtener productos que satisfagan en el presente las necesidades de los usuarios, sino que es necesario

desarrollar teniendo en cuenta aspectos tales como la facilidad de uso y la extensibilidad del software. Estos aspectos, junto a otros, son los que se consideran a la hora de determinar la calidad de un producto de software.

Un producto que falla, que es difícil de mantener o usar o de cualquier otra forma no da satisfacción al cliente, es un producto de mala calidad, independiente de que cumpla con las especificaciones funcionales requeridas. Productos con estas características no son aptos para su uso [11].

Según Braude [12], al desarrollar un producto, se deben especificar los estándares de aceptación y crear productos que satisfagan estas especificaciones, pero para eso, se debe cuantificar la calidad, especificar metas en términos de estas cantidades y luego controlar el avance hacia las metas establecidas.

Es importante considerar que: "*la calidad de un sistema o producto es altamente influenciada por la calidad del proceso usado para su desarrollo y mantenimiento*" [4]. En otras palabras, un producto de calidad refleja el proceso que existe detrás del producto [13].

Un software de calidad, según Simmons [7], es simplemente aquél que desempeña su función deseada, la primera vez, y cada vez, haciendo uso eficiente de las capacidades del hardware que lo soporta, y que además, es fácil de modificar y mejorar.

Dado lo anterior, múltiples investigadores se han dedicado a determinar y analizar las características de calidad, resaltando su importancia en el desarrollo de software. Por ejemplo, Boehm [14] expone que a pesar que un producto de software haya sido liberado a tiempo, dentro del presupuesto establecido y que efectúe correcta y eficientemente todas las funciones especificadas, no necesariamente cumplirá plenamente al usuario.
La calidad de un producto software está estrechamente relacionada con el instante en el que se desarrolla. Es por esto que el estándar IEEE 1062 [15] recomienda entre sus buenas prácticas para la adquisición del software, incorporar conceptos de calidad desde la primera etapa del ciclo de vida. Durante la planificación de la estrategia organizacional, se deben obtener las características de calidad del software que será adquirido. Y a la hora de determinar los requisitos del producto, se deben definir los planes de calidad. Como ya se indicó previamente, estas buenas prácticas no vienen acompañadas de una guía metodológica que ayude a los compradores o proveedores a implementarlas, problema que **MACAD-PP** ayudará a solucionar.

Además de las características de calidad propias del producto desarrollado, también se pueden determinar los requisitos de calidad del proceso utilizado en el desarrollo del mismo. Robert [16] plantea que a la hora de iniciar un proyecto de adquisición, se deben elaborar requisitos de calidad para el proceso, para el

seguimiento del proyecto, requisitos de aceptación y requisitos cuantitativos. Por ejemplo, en relación a la usabilidad, un requisitos de calidad del proceso, para asegurar que el producto final cumpla con las características definidas de usabilidad, es establecer que se generen prototipos que permitan determinar en etapas tempranas que el producto efectivamente es fácil de usar; el seguimiento sería que se realice la verificación de dichos prototipos y el criterio de aceptación sería la recepción de un manual de usuario [16].

Lo que se acostumbra a hacer es que una vez que el sistema ha sido desarrollado completamente, se aplican métricas al producto para determinar en qué grado los requisitos de calidad han sido incorporados, pero esta incorporación ha sido intuitiva y subjetiva, dado que no se realiza mediante procedimientos formales. El problema de esta estrategia radica en que si al aplicar estas métricas, los resultados no son satisfactorios, se debe realizar una modificación en el diseño y/o implementación del sistema, lo que puede generar un incremento importante de los costes de desarrollo. Robert [16] recomienda como estrategia, estudiar el riesgo de cada aspecto de la calidad. Si el riesgo es muy alto, especificar objetivos de calidad que limiten dicho riesgo. La utilización de **MACAD-PP** permitirá incorporar estas actividades desde las etapas iniciales del proceso de adquisición, ayudando a valorar y asignar la importancia real que debe tener el aseguramiento de la calidad.

Robert [16] presenta una clasificación de los requisitos de calidad que deben incorporarse en los proyectos de adquisición: funcionalidad, fiabilidad, eficiencia, usabilidad, portabilidad y facilidad de mantenimiento.

Bessin [13] indica que una organización que construye productos de calidad desde el inicio, puede tener visión de futuro e innovar. También resalta la idea de que si los miembros del equipo desarrollador comparten y aceptan una definición sólida de calidad, se promueve la atención a los detalles que pueden afectar a la misma.
En una organización que posee una cultura de calidad, se cumplen los siguientes aspectos [17]:

- Cada individuo busca la máxima calidad.
- Los equipos son responsables de la calidad de su trabajo.
- Se desarrollan nuevos enfoques de mejora de la calidad.

Para conseguir productos de calidad, se debe: cuantificar las metas de calidad; integrar las actividades de inspecciones y revisiones en el plan del proyecto; y documentar las metas y procedimientos de calidad [12].

Contrastando los modelos de calidad con las necesidades de los compradores que están adquiriendo software, se pueden identificar y plantear guías que le ayuden a desarrollar actividades que permitan asegurar durante todo el proceso, que el proveedor está construyendo un producto de calidad, en base a un proceso de calidad.

1.3. NECESIDAD DE RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA

En relación al estado actual de las investigaciones relacionadas con la adquisición del software, se puede afirmar que existen diversos modelos que sirven para determinar qué actividades deberían realizarse, pero no existen metodologías concretas que indiquen el cómo realizar cada una de las actividades. Por ejemplo, el estándar IEEE 1062 [15] presenta el ciclo de vida de la adquisición, sin asociar metodologías que permitan llevarlo a cabo.

Gasca y Cuevas [18] presentan un análisis detallado de distintos estándares y modelos relacionados con la adquisición del software. Los modelos analizados son: ISO 12207 [19], IEEE 1062 [20], ISO 15504, ISO 9126 y CMMI-ACQ [1]. Como resultado del estudio, se concluye que el modelo CMMI-ACQ [1] es el único que propone una guía orientada a la mejora de los procesos de adquisición, proponiendo además un conjunto de buenas prácticas. Sin embargo, al igual que los demás modelos, CMMI-ACQ indica *QUÉ* realizar, sin guías de *CÓMO* debe ser desarrollado.

Existen además otros modelos que permiten definir una serie de actividades que deberían desarrollarse durante la adquisición, los cuales son mencionados en [3]. Estos modelos son: SW-CMM [21] , SA-CMM [22], ISO 9000 [11], BootStrap [23] y EuroMethod [24]. Svennberg [2] también menciona otras propuestas que están relacionadas con la adquisición, pero ninguna de ellas ofrece alguna metodología para el aseguramiento de la calidad; estas propuestas son: FAA-iCMM [25], The Road to Successful ITS Software Acquisition [26], Software Acquisition Management [27], The Program Manager's Guide to Software Acquisition Best Practices [28], Guidelines for Successful Acquisition and Management of Software-Intensive Systems [29], Defense Acquisition Deskbook [30]. En el Capítulo 2 del presente documento, se presentarán en mayor nivel de detalle los modelos más relevantes.

En cuanto a las actividades y responsabilidades que deben asignarse durante los proyectos de adquisición, tampoco existen guías claras y detalladas. Por ejemplo, Simmons [6] identifica una serie de responsabilidades, asociadas a las fases de la adquisición, pero no indica quién debería asumir dichas responsabilidades. Este es otro aspecto en el cual **MACAD-PP** contribuye, identificando los roles participantes en los proyectos de adquisición e indicando de manera detallada cuáles son las responsabilidades y tareas que cada cual deberá asumir.

En relación al tema de Gestión de Calidad, el International Process Research Consortium (IPRC) [31] declara como un tema de investigación abierto, la relación entre la calidad del proceso y la calidad del producto desarrollado [32]. Este marco de trabajo para la investigación definido por IPRC, detalla el tema en un conjunto de aspectos puntuales (denominados *Nodos de Investigación*), los cuales están relacionados con los objetivos de la presente investigación. Estos nodos se describen en la Tabla 1 - 6.

Tabla 1 - 6.- Nodos de Investigación relacionados con la Calidad del Proceso y del Producto conforme a IPRC

Nodo	Nombre	Objetivo
Q.1	Elducción y especificación de requisitos de calidad	Determinar la mejor forma de educir los requisitos de calidad y cómo especificarlos adecuadamente.
Q.2	Establecer la relación Producto – Proceso	Establecer si existe una relación directa entre la calidad de un producto dado y el proceso usado en su desarrollo.
Q.3	Modelar la relación entre la calidad del producto y del proceso	Capacitar a los directivos para seleccionar procesos adecuados para obtener las características deseadas en el producto.
Q.4	Verificación y Validación (V&V) de la calidad de un producto	Capacitar a los directivos para seleccionar procesos adecuados de V&V para confirmar que se han alcanzado los requisitos de calidad.
Q.5	Mantener la calidad del producto	Capacitar a los directivos para seleccionar procesos adecuados que faciliten de mejor forma el establecimiento, mantenimiento y evolución de la calidad del producto a través de su ciclo de vida completo.

Según todo lo anterior, se puede concluir que no existen propuestas metodológicas que entreguen a las organizaciones que adquieren software, ni a quienes proveen estas soluciones, una guía detallada de cómo realizar las actividades necesarias que aseguren un resultado exitoso y satisfactorio en proyectos de adquisición.

Teniendo como base el modelo CMMI-ACQ [1], existen muchas áreas de proceso que intervienen en la adquisición del software, por lo cual se hace necesario acotar el alcance de la propuesta contemplada en el presente trabajo de tesis doctoral, la cual se centrará en el área de Aseguramiento de la Calidad del Proceso y del Producto (PPQA), fuertemente relacionada con las áreas de Validación (AVAL) y Verificación (AVER). Según CMMI-ACQ [1], el propósito del aseguramiento de la calidad es proporcionar al personal y a la gestión el conocimiento en profundidad de los procesos de trabajo y de los productos de trabajo generados.

Además, considerando que en función del grado en que el usuario puede especificar las cualidades requeridas del software, existen tres tipos de productos que se pueden adquirir [15]:

- ***COTS***: productos comerciales cuya utilidad ha sido probada para un amplio espectro de usuarios, sin necesidad de ser modificados o adaptados.
- ***MOTS***: productos comerciales disponibles que pueden ser modificados según la necesidad de cada nuevo cliente.
- ***Productos a la medida***: desarrollados específicamente para un cliente particular, según sus propias necesidades.

Se hace necesario indicar que la presente propuesta está orientada sólo a la adquisición de productos a la medida.

1.4. OBJETIVOS DEL TRABAJO

A continuación, se define el objetivo general y los objetivos específicos de la tesis doctoral. Cada objetivo específico tiene además asociado un indicador de logro, que permitirá verificar el cumplimiento del mismo.

1.4.1. *Objetivo General*

Desarrollar una Metodología para el Aseguramiento de la Calidad en la Adquisición del Software, considerando las dimensiones del proceso y del producto.

1.4.2. *Objetivos Específicos*

1. Analizar diversos modelos de calidad, con el objetivo de crear un "marco referencial" que facilite la identificación y definición de los criterios de calidad del proceso, del producto y su aceptación.
   - Indicador de logro: Listado de criterios de calidad estándares, que pueden ser adaptados a distintos productos y proyectos de adquisición.

2. Identificar los roles asociados en el proceso de aseguramiento de la calidad en un proyecto de adquisición de software y sus responsabilidades.
   - Indicador de logro: Listado de roles y sus responsabilidades asociadas.

3. Identificar las actividades que formarán parte de la metodología de aseguramiento de calidad en la adquisición del software.
   - Indicador de logro: Listado de actividades.

4. Determinar la secuencia de desarrollo de las actividades identificadas como resultado del objetivo específico 3.
   - Indicador de logro: Diagrama de secuencia con el orden de las actividades.

5. Especificar cómo se debe desarrollar cada una de las actividades identificadas en el objetivo específico 3.
   - Indicador de logro: Especificación de la metodología MACAD-PP.

6. Identificar los activos de proceso y los productos de trabajo que deben ser generados en cada etapa de la metodología.
   - Indicador de logro: Librería de Activos de Proceso actualizada, incluyendo los nuevos activos.

1.5. APROXIMACIÓN A LA RESOLUCIÓN

La metodología propuesta tiene como base la siguiente hipótesis:
"*La aplicación de una metodología que incorpore actividades de revisión, validación y verificación sobre las actividades realizadas en la adquisición de un producto software, además de sobre los productos de trabajo obtenidos en cada etapa de la adquisición, contribuye a la obtención de un producto de calidad, lo que tiene en cuenta aspectos de cumplimiento de presupuesto, calendario y estándares de calidad definidos*".

MACAD-PP es una metodología para el aseguramiento de la calidad del proceso de adquisición de software y del producto adquirido. Incluye la incorporación de prácticas y procedimientos probados como exitosos, y artefactos que apoyan su aplicación, formando el conjunto de activos de la metodología.

En la Figura 1. 1 se muestra un esquema general de la propuesta. Se puede observar que la metodología considera la interacción con una Librería de Activos de Procesos (PAL), creada por la Cátedra de Mejora de Procesos en el Espacio Iberoamericano perteneciente a la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, donde se almacenarán los artefactos definidos como apoyo a la metodología, relacionados con los productos adquiridos y los procesos utilizados. La Figura 1. 1 también muestra que MACAD-PP proporcionará guías tanto para el comprador o cliente como para el proveedor del producto en adquisición. El ciclo de vida del proyecto de adquisición considera las etapas que muestra la Figura 1. 1: Planificación, Contratación, Implementación, Aceptación y Seguimiento.

Esta metodología incorpora las tres etapas principales de la gestión de la calidad del software, planteadas por Sommerville [17]:

- ***Aseguramiento de la calidad***. Define el marco de trabajo para la incorporación de la calidad en la organización, mediante la definición o selección de procedimientos y estándares.
- ***Planificación de la calidad***. Selecciona y adapta desde el marco de trabajo los procedimientos y estándares que se aplicarán en cada proyecto específico.
- ***Control de la calidad***. Incorpora todos los procesos que aseguran que se está cumpliendo el plan establecido para el proyecto

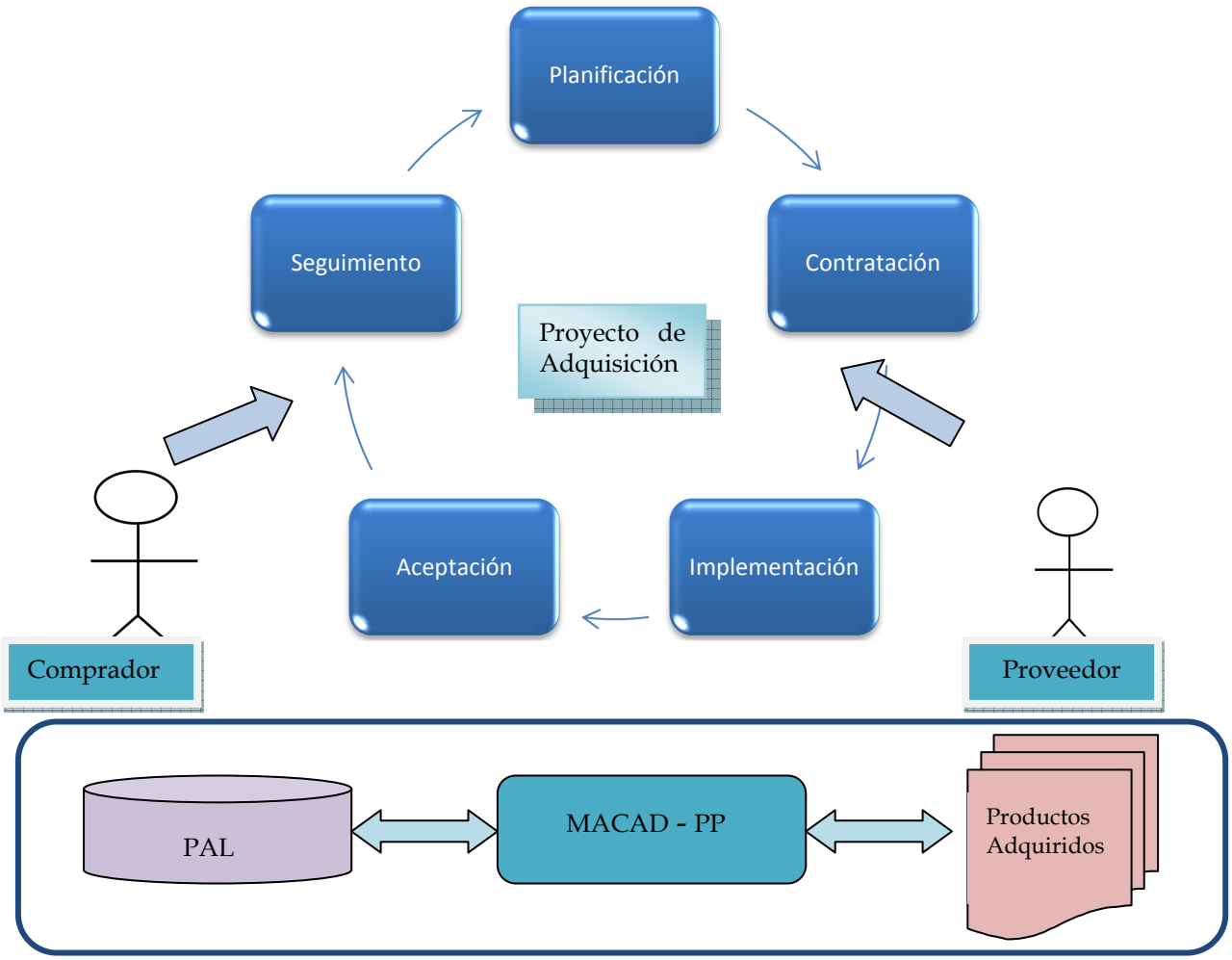

Figura 1. 1.- Esquema de la propuesta

La Figura 1. 2 muestra en la columna central, las principales etapas del ciclo de vida de la adquisición [15]; en el lado izquierdo las macro actividades que considerará la metodología propuesta; y en la columna derecha la relación con los modelos de calidad. Según lo que se observa en la Figura 1. 2, la propuesta relaciona la Planificación de la Calidad con las etapas de Planificación y Contratación del ciclo de vida de la Adquisición, en donde se usarán los modelos de calidad para definir los criterios de calidad que debe cumplir el proceso y el producto para su aceptación. Durante la etapa de Implementación, se realizan actividades de Aseguramiento de la Calidad, tomadas a partir de los modelos de calidad estudiados. Finalmente, se realizan actividades de Control de Calidad en las etapas de Aceptación y Seguimiento, verificando que los criterios de aceptación definidos inicialmente han sido satisfechos.

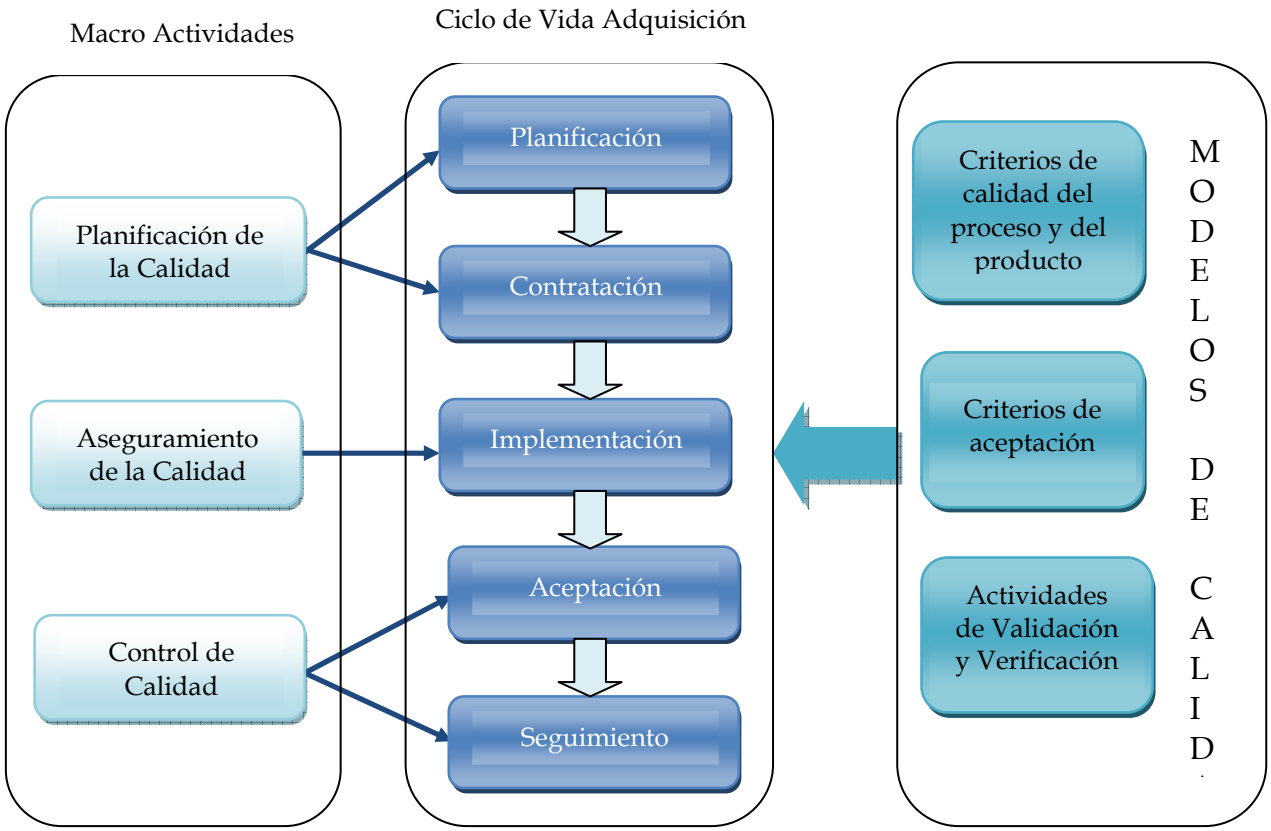

Figura 1. 2.- Alcance de la Metodología en relación al ciclo de vida de adquisición

Para cada una de las etapas del ciclo de vida de la adquisición, se identificarán las actividades que debe realizar cada rol participante en el proyecto de adquisición, y se entregará el procedimiento que indica cómo realizar dichas actividades. Es así como el comprador y el proveedor, contarán con una guía de qué tareas debe realizar cada uno de ellos y cómo hacerlas.

1.6. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El presente documento de Tesis Doctoral se estructura de la siguiente forma:

El primer capítulo presenta el contexto del trabajo de tesis doctoral que ha sido desarrollado, la justificación de la propuesta realizada y la definición de los objetivos.
El capítulo dos presenta en detalle el estudio del arte desarrollado, lo que incluye la problemática y caracterización de los proyectos de adquisición de software. Se continúa con el estudio de los conceptos relacionados con la calidad del software, y diversos modelos, normas y estándares de calidad que han sido utilizados en la propuesta.

El tercer capítulo caracteriza el problema a resolver y presenta las hipótesis de la tesis doctoral.

El capítulo cuatro presenta en detalle la resolución del problema. Aquí se presenta y explica la metodología propuesta. Este capítulo se complementa con el capítulo cinco, en donde se puede observar el desarrollo de la validación de la propuesta mediante un caso de estudio.

El capítulo seis muestra las conclusiones obtenidas a partir del desarrollo de la tesis, y los futuros trabajos que pueden ser desarrollados a partir de lo ya realizado.

El capítulo siete muestra la bibliografía utilizada.

Los anexos del documento presentan la información complementaria para entender y aplicar la metodología MACAD-PP.

CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE

2. ESTADO DEL ARTE

El presente capítulo presenta en detalle el estudio del arte desarrollado, lo que incluye la problemática y caracterización de los proyectos de adquisición de software. Se continúa con el estudio de los conceptos relacionados con la calidad del software, y diversos modelos, normas y estándares de calidad que han sido utilizados en la propuesta.

2.1. ADQUISICIÓN DEL SOFTWARE

A continuación se presenta el estado del arte de las investigaciones llevadas a cabo, relacionadas con la adquisición del software, comenzando por la identificación de los diferentes tipos de proyectos de adquisición que existen, los cuales pueden requerir distintas adaptaciones de MACAD-PP.

2.1.1. *Tipos de proyectos de adquisición de software*

Los proyectos de adquisición pueden clasificarse en base a diversos criterios, por ejemplo, según el tipo de producto a adquirir, o según el tipo de relación contractual entre el cliente y el proveedor, o según la filiación o relación del equipo desarrollador con el cliente.

Lo anterior se relaciona con las dimensiones de la adquisición identificadas por Nelson [33], en donde se identifican dos tipos de equipo desarrollador: interno denominado *insourcing*, el cual corresponde a un equipo de desarrolladores que pertenecen a la misma organización que utilizará el software; o externo conocido como *outsourcing*, en donde se contratan los servicios de una empresa externa que realiza el desarrollo del producto.

En cuanto a la estrategia de desarrollo del producto, existen productos a la medida o comerciales. Los productos comerciales a su vez pueden clasificarse como paquetes COTS (Comercial-off-the-shell) o MOTS (Modified-off-the-shell) [15]. Dicha clasificación se basa en el grado en que el usuario puede ajustar las funcionalidades del producto software. Los paquetes COTS son definidos en términos de una necesidad del mercado, están disponibles comercialmente, y está demostrado que satisfacen un amplio espectro de usos comerciales [15]. Los paquetes MOTS son similares a los anteriores, pero pueden ser adaptados según los requisitos de un cliente particular [15]. Finalmente, los productos a la medida, son aplicaciones únicas, para una aplicación específica definida por completo por el cliente.

En cuanto a la relación entre la organización desarrolladora y el cliente, Baker y Fisher [34] presentan tres tipos de relaciones, importantes de tener en cuenta a la hora de establecer los requisitos de un proyecto:

- El cliente y el usuario final son el mismo, en la interacción con el equipo desarrollador.
- El usuario final es representado por un comprador que interactúa con el equipo desarrollador.
- El comprador y el conjunto de usuarios finales interactúan con el equipo desarrollador.

El proyecto CHAOS desarrollado por The Standish Group, identifica 7 tipos de proyecto de adquisición [9]:

- Producto desarrollado a partir de cero, utilizando lenguajes y métodos tradicionales.
- Modificación de una aplicación comprada.
- Producto desarrollado a partir de cero, utilizando un modelo objeto.
- Desarrollo de algunos componentes y compra de otros.
- Aplicación comprada y modificada ampliamente.
- Compra de componentes y su ensamblaje para crear la aplicación.
- Adquisición de una aplicación sin modificación.

La Figura 2. 1 muestra gráficamente las clasificaciones de los proyectos de adquisición, en base a los tres criterios presentados en los párrafos anteriores. La aplicación de MACAD-PP puede variar dependiendo de las combinaciones de cada una de estas características.

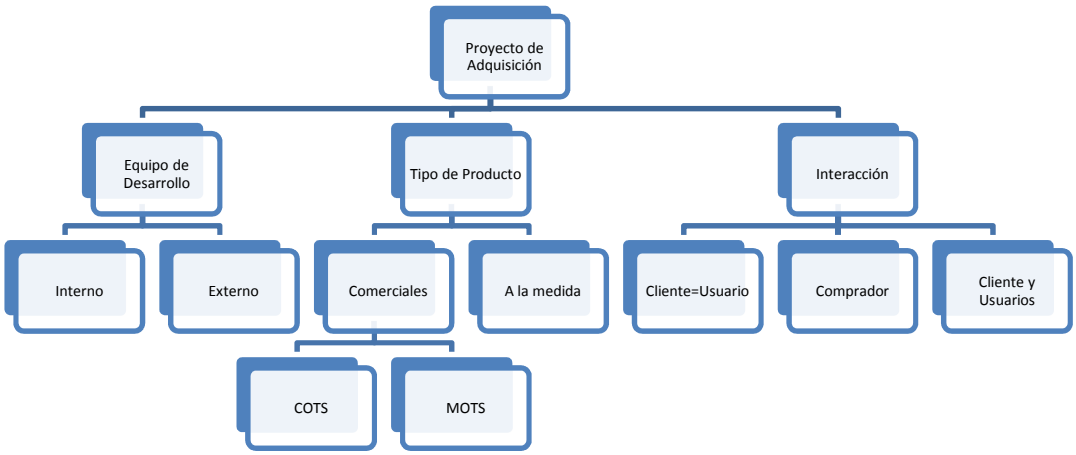

Figura 2. 1.- Clasificación de los Proyectos de Adquisición

2.1.2. *Tipos de externalización*

Existen diversas relaciones entre una organización que externaliza algún servicio, y el proveedor del mismo, lo cual se debe tener en cuenta para caracterizar un proyecto de adquisición. Estas relaciones pueden categorizarse como [35]:

- ***Tradicional***: un solo proveedor presta servicios a un solo cliente.

- ***Co-externalización***: dos proveedores trabajan juntos para entregar algún servicio a un cliente. Frecuentemente, uno de esos proveedores es interno de la organización cliente y el otro externo.
- ***Multi-externalización***: múltiples proveedores prestan servicios a un cliente. La responsabilidad de gestionar e integrar los servicios recae en el cliente.
- ***Alianza***: múltiples proveedores colaboran para dar soporte a uno o más clientes. Frecuentemente, uno de los proveedores tiene un rol principal como interfaz entre el cliente y la alianza.
- ***Joint venture***: múltiples proveedores forman una empresa colaborativa para otorgar servicios a uno o más clientes. Frecuentemente el primer cliente es parte de este negocio colaborativo.
- ***In-sourcing***: un grupo interno en la organización cliente se selecciona como proveedor. Dicho grupo es gestionado de manera independiente. Frecuentemente este grupo debe competir con los proveedores externos.

En general, en base a la amplitud de los servicios externalizados, existen tres categorías [35]:

- ***Externalización selectiva***. Una parte de una función del negocio es externalizada. Comprende desde una simple tarea, hasta un proceso completo.
- ***Externalización total***. Cuando una función de negocio completa es externalizada.
- ***Externalización transitoria***. Cuando se externaliza temporalmente una función o proceso de negocio. No es a largo plazo.

2.1.3. *Ciclo de vida de la adquisición*

El ciclo de vida de la adquisición representa el periodo de tiempo desde que se toma la decisión de adquirir un producto de software, hasta que dicho producto deja de estar disponible para su uso [15].

Existen distintos modelos de ciclos de vida y de procesos para la adquisición, propuestos por diversos autores. Por ejemplo, Assmann [3] identifica un proceso de sólo tres etapas: Selección, Monitorización y Terminación. La Figura 2. 2 muestra un esquema de este proceso.

Figura 2. 2.- Un proceso de Adquisición de Software, según Assmann

Una propuesta mucho más completa, es la presentada en el estándar IEEE 1062 [15]. La Figura 2. 3 esquematiza el ciclo de vida definido, indicando las salidas de cada etapa. Este modelo de ciclo de vida se utiliza como base para MACAD-PP.

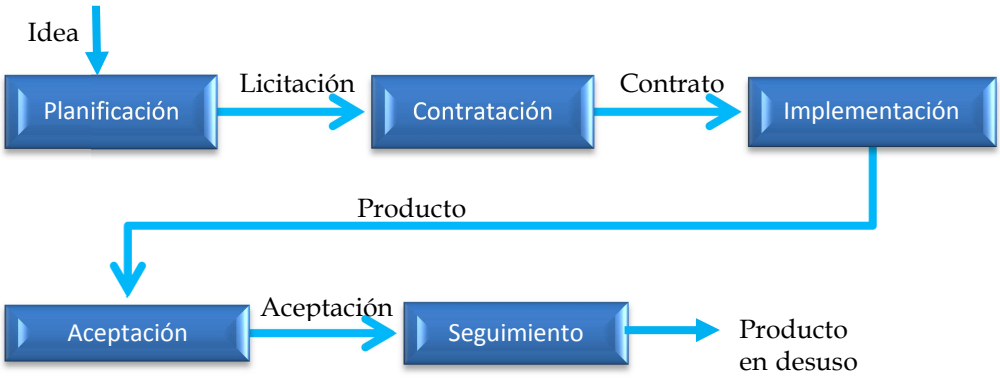

Figura 2. 3.- Ciclo de vida de la Adquisición según IEEE 1062

A continuación se presenta el alcance de cada fase, según las definiciones dadas en dicho estándar [15].

- La primera fase, denominada ***Planificación***, comienza cuando se establece una idea o una necesidad de adquirir un producto de software y finaliza cuando se realiza la licitación de dicho producto.

- La fase de ***Contratación*** incluye todas las actividades necesarias para asegurar antes de firmar el contrato con el proveedor, que los productos y servicios que se adquirirán, cumplirán los criterios de calidad requeridos.

- La fase de ***Implementación del Producto*** comprende el periodo desde la firma del contrato con el proveedor hasta que el producto terminado se recepciona. Durante esta fase se debe realizar el seguimiento de las actividades realizadas por el equipo desarrollador, para asegurar que el producto que finalmente se reciba, sea el adecuado.

- La fase de ***Aceptación*** incluye las actividades necesarias para evaluar, probar y aceptar el producto liberado por el proveedor.

- Finalmente, la fase de ***Seguimiento*** se refiere al uso del producto, y la evaluación de la satisfacción de los usuarios con el producto, su documentación y el soporte proporcionado por la organización desarrolladora.

El mismo estándar [15] propone un proceso para la adquisición del software, compuesto de nueve actividades, asociados a las distintas fases descritas previamente. La Figura 2. 4 modificada a partir del estándar, muestra la

secuencia de ejecución de cada una de las actividades que deben desarrollarse en las distintas etapas del ciclo de vida de la adquisición.

La fase de Planificación incluye las actividades de Planificar la Estrategia de la Organización, Implementar el Proceso de la Organización y Determinar los Requisitos del Software. La fase de Contratación incluye Identificar los Potenciales Proveedores, Preparar los Requisitos del Contrato y, finalmente, Evaluar las Propuestas y Seleccionar al Proveedor. Durante la fase de Implementación se Gestiona el Rendimiento del Proveedor. En la fase de Aceptación no se incluye otra actividad más que la misma aceptación. Y, por último, la fase de seguimiento incluye la tarea de utilizar el producto adquirido. Los resultados del uso del producto sirven de entrada para evaluar las prácticas de contratación de la organización, evaluar el rendimiento del proveedor y para la planificación de la estrategia de la organización, en función de la evaluación de la satisfacción del usuario.

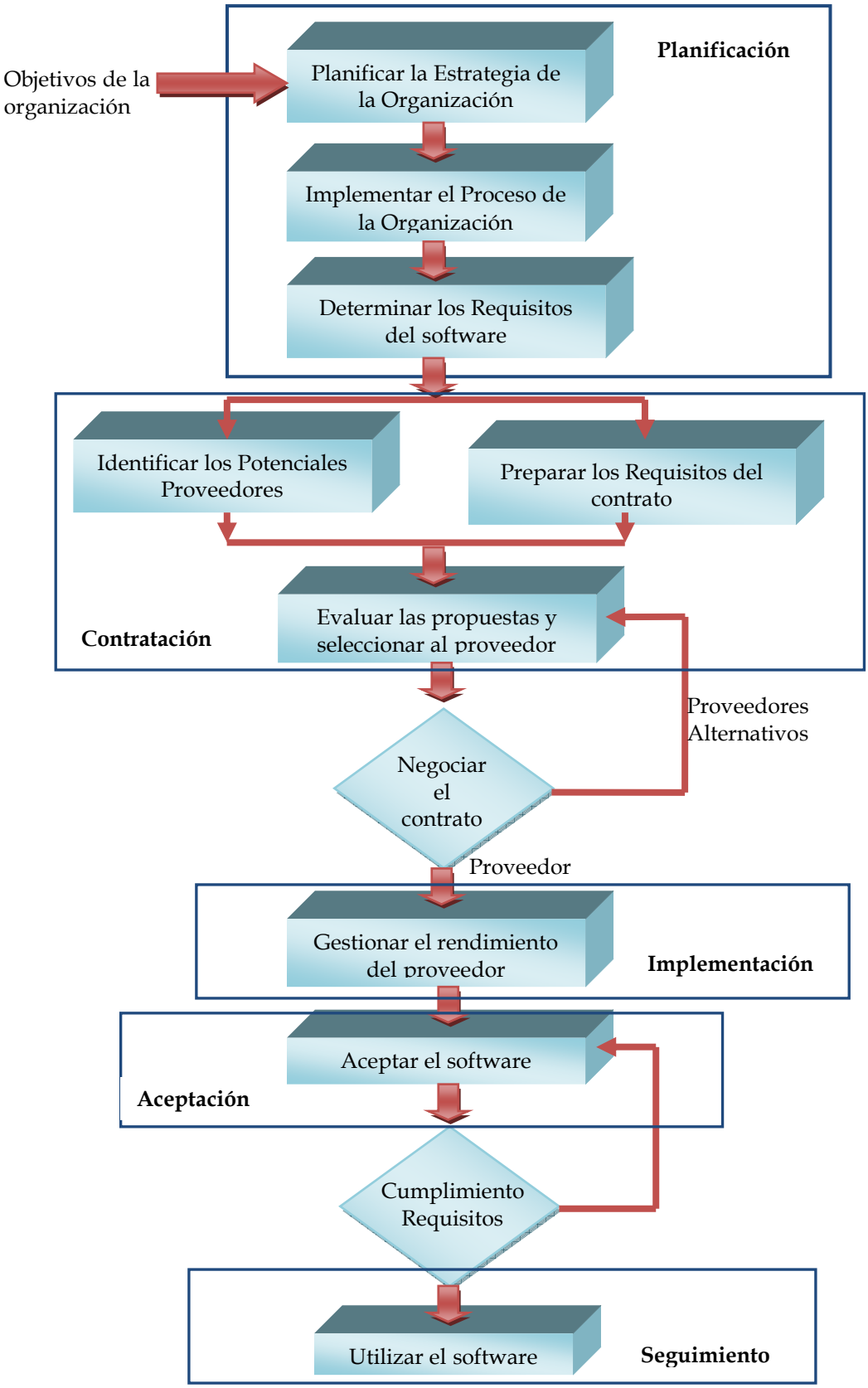

Figura 2. 4.- Proceso para la Adquisición de Software

Teniendo en cuenta los modelos de ciclo de vida planteados previamente (véase Figura 2. 2, Figura 2. 3 y Figura 2. 4), la Figura 2. 5 muestra una visión general del proceso de adquisición del software. En ella, se muestran las etapas del ciclo

de vida de la adquisición, indicando el resultado de cada una de ellas, que se convierte en entrada para la siguiente etapa. También se incluye, en la Figura 2. 5, los roles que deben participar en cada etapa.

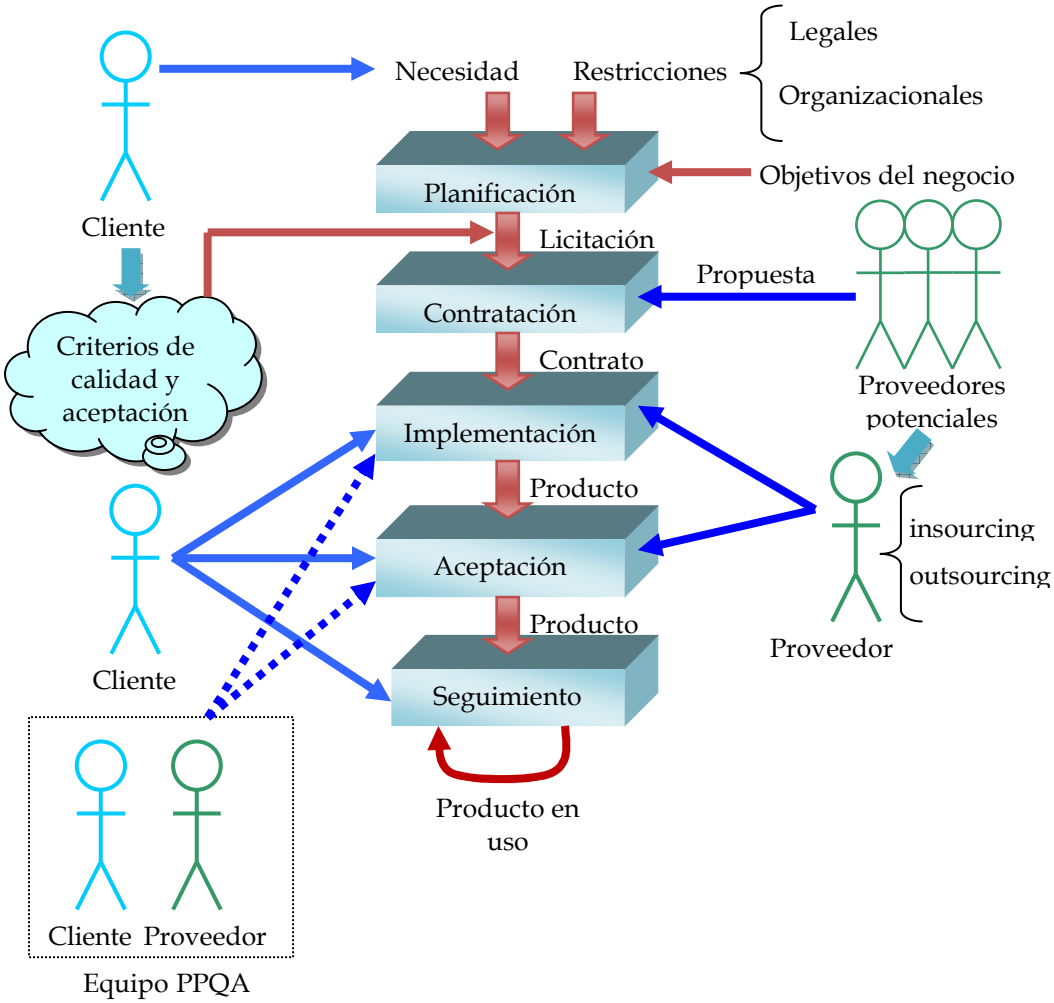

Figura 2. 5.- Visión general del proceso de adquisición del software

2.1.4. *Modelos y estándares relacionados con la Adquisición*

Existen diversos modelos y estándares relacionados con la adquisición del software, con distintos objetivos cada uno de ellos. La Tabla 2- 1, creada a partir del análisis presentado en [2], y complementada con otras propuestas y análisis [3, 18, 36-38], muestra un resumen de dichos modelos.

Tabla 2- 1.- Modelos relacionados con la adquisición de software

Modelo	Comentario
Sw-CMM	Su propósito es ayudar a las organizaciones a determinar la madurez de sus capacidades actuales de desarrollo de software.
SA-CMM	Ayuda a las organizaciones a evaluar y mejorar sus capacidades de adquisición.
FAA-iCMM	Se usa como una herramienta para que las organizaciones evalúen sus prácticas de adquisición, gestión e ingeniería, y puedan mejorarlas. Este modelo define 24 áreas de proceso y 6 niveles de capacidad. Las prácticas propuestas provienen de la integración de 10 modelos utilizados como fuentes. La idea de esta integración es proveer una única evaluación frente a varios modelos simultáneamente [37].
CMMI	Es un modelo de madurez de mejora de procesos para el desarrollo de productos y de servicios. Consiste en las mejores prácticas que tratan las actividades de desarrollo y mantenimiento que cubren el ciclo de vida del producto [39].
IEEE 1062	Prácticas recomendadas para gestionar los proyectos de adquisición de software.
ISO/IEC 12207:2008(E) IEEE Std 12207:2008	Procesos del ciclo de vida del software. Puede ser utilizado en los procesos de adquisición como ayuda en el desarrollo de un acuerdo o contrato relacionado con las actividades o procesos a realizar. El estándar guía el desarrollo del contrato [38].
ISO 9000	Son una serie de estándares para gestionar la calidad y el aseguramiento de la calidad.
ISO/IEC 15504	Marco de trabajo para evaluar los procesos de software.
Information Services Procurement Library (ISPL)	Antes conocido como Euromethod. Su objetivo es ayudar a gestionar los contratos de adquisición. Es una biblioteca de mejores prácticas para la gestión de los procesos de adquisición de TI. Ofrece un conjunto de libros, herramientas y servicios para ayudar a clientes y proveedores a gestionar la adquisición y prestación de servicios.
CMMI-ACQ	Es una colección de mejores prácticas, enfocadas en la iniciación y gestión de la adquisición de productos y servicios, desde la perspectiva del cliente.
Method for Assessing Software Subcontractors (MASS)	Según sus autores, este método integra las mejores prácticas de los estándares y métodos existentes para la selección de los subcontratistas.
MIL-STD-2167[a]	Su propósito es establecer requisitos a ser aplicados durante la adquisición, desarrollo o soporte de sistemas de software

Además de los modelos y estándares presentados en la Tabla 2- 1, Salwin [26] presenta un conjunto de buenas prácticas para la adquisición del software. Esta propuesta se basa en diversos temas que representan una forma de hacer negocios en relación a la adquisición del software, organizados en tres categorías. Estos temas se muestran en la Tabla 2- 2. La categoría *Sistema* se relaciona directamente con el producto final, la categoría *Gestión* guía la gestión de la adquisición y la categoría *Personas* corresponde a la asociación de los participantes en los proyectos de adquisición. Estos temas generan un conjunto de actividades que se deberían realizar para asegurar el éxito de los proyectos de adquisición de software.

Tabla 2- 2.- Temas asociados con la adquisición según la propuesta de Salwin

Categoría	Tema
Sistema	No construir si se puede comprar
	Desarrollar trozos pequeños
Gestión	Flexibilidad
	No hay balas de plata
	Planificar por adelantado
Personas	Colaboración
	Construir el equipo
	Comunicación abierta
	Involucrar activamente al cliente

Según Salwin [26], el equipo participante debe formarse con personas que posean las siguientes habilidades:

- Expertos técnicos de software.
- Usuarios finales, mantenedores y gestores de sistemas.
- Expertos del dominio.
- Encargados de contratación y compra.
- Equipo experto en leyes relacionadas con el software específico.

Esta propuesta [26] identifica en base a los temas mostrados en la Tabla 2- 2, un conjunto de actividades que se deben desarrollar, entre las que destacan:

- Planificar el proyecto incluyendo la identificación de la infraestructura, estrategia de instalación, entorno del sistema, gestión de riesgos, técnicas de supervisión del proyecto, usuarios finales, estrategia de aceptación, entrenamiento y mantenimiento.
- Desarrollar los requisitos. Esto incluye la identificación de los requisitos funcionales y de rendimiento. No se debe incluir aspectos de diseño o técnicos. También se deben identificar los factores de calidad que direccionan la evaluación de cómo cumple el sistema los requisitos.
- Decidir si comprar o construir. Tener en cuenta que aunque comprar reduce los riesgos, la compra tiene sus propios riesgos asociados. Se debe contar con estrategias de mitigación.
- Seleccionar la forma de contratación.
- Identificar el entorno del software.
- Determinar los derechos de propiedad intelectual.
- Programar el calendario del proyecto.
- Crear tempranamente un plan y estrategia de pruebas de aceptación del sistema.
- Planificar tempranamente las actividades de soporte (entrenamiento, operación y mantenimiento).

El estándar ISO/IEC 12207:2008 [38] define entre sus procesos, dos relacionados con la adquisición del software, el primero desde la perspectiva del cliente que adquiere y el segundo, desde la visión del proveedor.

Para la perspectiva del cliente, el estándar identifica como resultados de un proceso de adquisición implementado exitosamente, los siguientes aspectos:

- Definición de las necesidades y objetivos de la adquisición, criterios de aceptación de los productos y/o servicios, y estrategia de adquisición.
- Desarrollo de un contrato que exprese claramente las expectativas, responsabilidades, y capacidades del cliente y del proveedor.
- Selección de uno o más proveedores.
- Adquisición de un producto y/o servicio que satisfaga las necesidades establecidas por el cliente.
- En el proceso de adquisición, se realiza un seguimiento de las restricciones especificadas, por ejemplo, costes, calendario y calidad.
- Aceptación de los productos entregables del proveedor.
- Conclusión satisfactoria para el cliente y el proveedor de cualquier aspecto abierto que ha sido identificado.

La Tabla 2- 3 muestra las actividades sugeridas por el estándar que debe realizar el cliente durante el proceso de adquisición.

El proceso definido por el estándar desde la perspectiva del proveedor, define como resultados de la aplicación exitosa del proceso los siguientes aspectos [38]:

- Se identifica un comprador para un producto o servicio.
- Se produce la respuesta a una licitación.
- Se establece un contrato entre el comprador y el proveedor para desarrollar, mantener, operar, empaquetar, liberar e instalar un producto o servicio.
- Se desarrolla un producto o servicio que satisface los requisitos acordados.
- Se libera al cliente un producto o servicio de acuerdo con los requisitos acordados.
- Se instala el producto de acuerdo a los requisitos acordados.

Tabla 2- 3.- Actividades a realizar por el cliente, según el estándar ISO/IEC 12207:2008

Proceso	Actividades
Preparación de la Adquisición	Debe describir sus necesidades en relación a la adquisición.
	Define y analiza sus requisitos de sistema.
	Se analizan los requisitos de software. Puede realizarlo el cliente o el proveedor.
	Si el análisis lo realizara el proveedor, el cliente debe mantener la autoridad de aprobar los requisitos analizados.
	En base a un análisis de riesgos y costes/beneficios, considerar la opción de adquirir v/s comprar un producto comercial, o desarrollar internamente el producto o mejorar algún producto ya existente.
	Si se opta por la compra de un producto comercial, debe asegurarse que se satisfacen los requisitos, que existe documentación disponible, garantías y licencias, y soporte futuro para el producto.
	Debe preparar, documentar y ejecutar un plan de adquisición.
	Debe definir y documentar los criterios y estrategia de aceptación.
	Debe documentar la licitación.
	Debe determinar qué procesos del ciclo de vida son adecuados para la adquisición.
	Documentar los hitos que mostrarán el progreso del proveedor.
	Entregar los requisitos de la adquisición a la organización seleccionada.
Licitación de la adquisición	Debe comunicar la solicitud de suministro de un producto o servicio.
Selección del proveedor	Debe establecer los criterios de selección del proveedor.
	Debe seleccionar un proveedor en base a los criterios definidos.
Acuerdo del Contrato	Antes de adjudicar el contrato, puede involucrar a las partes interesadas para definir los procesos y actividades que se establecerán como parte del acuerdo.
	Preparar y negociar el contrato
	Una vez que el contrato esté en curso, debe mantener el control de cualquier cambio sobre los acuerdos, realizando análisis de impacto de los mismos.
Seguimiento del acuerdo	Debe monitorizar las actividades del proveedor.
	Debe cooperar con el proveedor entregándole la información necesaria en el momento preciso.
Aceptación del cliente	Debe preparar la aceptación en base a los criterios y estrategias establecidos.
	Debe conducir la revisión y pruebas de aceptación del producto entregado.
	Después de la aceptación, debe tomar la responsabilidad de la gestión de configuración del producto.
Cierre	Se debe pagar o proveer las consideraciones acordadas al proveedor.

La Tabla 2- 4 muestra las actividades que debe realizar el proveedor, según el estándar ISO/IEC 12207:2008.

Tabla 2- 4.- Actividades a realizar por el proveedor según el estándar ISO/IEC 12207:2008

Proceso	Actividad
Identificación de Oportunidad	Debe determinar la existencia e identidad de compradores quienes tienen necesidad de algún producto o servicio.
Licitación	Debe conducir una revisión de los requisitos teniendo en cuenta las políticas organizacionales y otro tipo de regulaciones.
	Debe preparar una propuesta como respuesta a la licitación.
Acuerdo del Contrato	Debe negociar y firmar el contrato con el cliente
	Podrá solicitar la modificación del contrato.
Ejecución del Contrato	Conducir una revisión de los requisitos de la adquisición con el objetivo de definir el marco de trabajo para gestionar y asegurar el proyecto y la calidad de los entregables.
	Si no está estipulado en el contrato, debe seleccionar el modelo de ciclo de vida más apropiado.
	Debe establecer los requisitos para planificar la gestión y el aseguramiento de la calidad del proyecto y de los entregables.
	En base a un análisis de riesgos y costes/beneficios, considerar la opción de adquirir v/s comprar un producto comercial, o desarrollar internamente el producto o mejorar algún producto ya existente.
	Desarrollar y documentar el plan de gestión del proyecto.
	Implementar y ejecutar el plan del proyecto.
	Desarrollar, operar y mantener el producto software de acuerdo a los procesos establecidos.
	Monitorizar y controlar el progreso y la calidad de los productos o servicios a través del ciclo de vida.
	Gestionar y controlar los subcontratos.
	Mantener una interfaz con los agentes independientes de V&V y pruebas.
	Mantener una interfaz con otras partes especificadas en el contrato.
	Coordinar actividades de revisión con el cliente.
	Conducir o soportar los encuentros informales, revisiones de aceptación, pruebas de aceptación, encuentros de revisiones y auditorías.
	Desarrollar actividades de V&V.
	Tener disponible para el cliente los informes de las evaluaciones, revisiones, auditorías, pruebas y resolución de problemas.
	Proveer acceso al cliente para revisar las tareas de los proveedores y subcontratos.
	Realizar actividades de aseguramiento de la calidad.
Liberación y soporte del producto o servicio	Liberar el producto o servicio como lo especifica el contrato.
	Proveer asistencia al cliente para dar soporte del producto o servicio liberado.
Cierre	Aceptar y reconocer el pago del cliente.
	Transferir la responsabilidad del producto o servicio al cliente u otros.

Otro modelo relacionado con la adquisición del software es *eSourcing Capability Model for Service Providers* (eSCM-SP) [35]. Para la creación de este modelo, se realizó una revisión de los modelos de calidad existentes, para identificar su posible aplicación a los procesos de externalización y sus problemas críticos [35].

Este modelo desarrollado por Information Technology Services Qualification Center de la Universidad Carnegie Mellon, presenta 84 prácticas que direccionan las necesidades de capacidades críticas para la externalización de servicios de TI. Cada práctica se distribuye en tres dimensiones: Ciclo de Vida de la Externalización, Área de Capacidad y Nivel de Capacidad.

Las Tabla 2- 5 a la Tabla 2- 7, desarrolladas a partir de [35], muestran la estructura de cada dimensión, con la descripción del objetivo de las prácticas correspondientes a dicha clasificación.

Tabla 2- 5.- Objetivo de las prácticas según el Ciclo de Vida del modelo eSCM-SP

Etapa Ciclo de Vida	Objetivo de las prácticas
Marcha	Representan las funciones de gestión que deben llevarse a cabo durante el ciclo de vida de la adquisición.
Inicialización	Se enfocan en las capacidades necesarias para prepararse efectivamente para el servicio liberado.
Liberación	Se enfocan en las capacidades de liberación del servicio, incluyendo la gestión continua del servicio liberado, la verificación de los compromisos y la gestión de las finanzas asociadas con la provisión del servicio.
Finalización	Se enfocan en las capacidades necesarias para cerrar efectivamente un compromiso al final del ciclo de vida.

Tabla 2- 6.- Objetivos de las prácticas según el área de capacidad del modelo eSCM-SP

Área de Capacidad	Etapa Ciclo de Vida	Objetivo de las prácticas
Gestión de conocimiento	Marcha	Gestionar la información y el sistema de conocimiento para que el personal tenga fácil acceso al conocimiento necesario para desempeñar su trabajo.
Gestión del personal		Gestionar y motivar al personal para liberar efectivamente el servicio.
Gestión del rendimiento		Gestionar el rendimiento de la organización para asegurar que se satisfacen los requisitos del cliente, que la organización aprende continuamente de su experiencia y que está mejorando continuamente su compromiso.
Gestión de la relación		Gestionar la relación con las partes interesadas, incluyendo clientes, proveedores y socios.
Gestión de la tecnología		Gestionar la disponibilidad y adecuación de la infraestructura usada para soportar la liberación de los servicios.
Gestión de las Amenazas		Identificar y gestionar efectivamente las amenazas a las capacidades de la organización para satisfacer sus objetivos y los requisitos del cliente.
Contratación	Inicialización	Gestionar el proceso de reunir los requisitos del cliente, analizarlos y negociar un acuerdo formal que describa cómo el proveedor cumplirá aquellos requisitos.
Diseño y despliegue del servicio	Liberación	Trasladar los requisitos del contrato y el lenguaje del mismo a un diseño detallado de lo que será provisto.
Liberación del Servicio	Finalización	Liberar los servicios acordados en base a los compromisos con el cliente y el servicio diseñado.
Transferencia del Servicio	Inicialización Finalización	Transferir recursos entre los proveedores y clientes a otros proveedores.

Tabla 2- 7.- Objetivos de las prácticas según los Niveles de Capacidad del modelo eSCM-SP

Nivel	Descripción
Prestación de Servicios	Casi ninguna práctica implementada, alto riesgo, promete más de lo que puede liberar.
Cumple consistentemente los requisitos	Procedimientos formales para captura de requisitos y liberación de servicios en base a los acuerdos y compromisos hechos.
Gestiona el rendimiento organizacional	Capaz de liberar servicios de acuerdo a los requisitos establecidos, aun si los servicios requeridos difieren significativamente de la experiencia del proveedor.
Mejora el valor en forma proactiva	Capaz de innovar continuamente para agregar valor a los servicios provistos a sus clientes y partes interesadas.
Mantiene la excelencia	Demuestra excelencia en su rendimiento de forma demostrable, medible, sostenida y consistente.

Este modelo no incluye específicamente ninguna práctica relacionada con el aseguramiento de la calidad en los proyectos de adquisición.

2.2. CALIDAD DEL SOFTWARE

La palabra calidad tiene múltiples significados, por ejemplo, puede definirse como la percepción del cliente frente a un producto o servicio recibido. También puede considerarse como un conjunto de propiedades, inherentes a un objeto, que permiten apreciarlo como igual, mejor o peor que el resto de los objetos de su mismo tipo. El diccionario de la Real Academia Española [40] define calidad como "*propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor*".

Baker y Fisher [34] presentan la definición de calidad dada por Cooper "*la calidad es el grado en el cual un objeto (por ejemplo proceso, producto o servicio) satisface un conjunto de atributos o requisitos especificados*".

Este conjunto de atributos juegan un rol relevante durante el desarrollo de software, no basta con obtener productos que satisfagan en el presente las necesidades de los usuarios, sino que es necesario desarrollar teniendo en cuenta aspectos tales como la facilidad de uso y la extensibilidad del mismo. Estos atributos, junto a otros, son los que se consideran a la hora de determinar la calidad de un producto de software.

Algunos ejemplos de falta de calidad de un producto de software son:

- El producto puede ser difícil de comprender y modificar.
- El producto puede ser difícil de usar o fácil de darle mal uso.
- El producto podría ser innecesariamente dependiente de la máquina o tener serias dificultades para integrarse con otros programas.

Cuando se implementa un software, no basta con asegurar que el nuevo sistema incorpora todas las funcionalidades requeridas por los usuarios, como se mencionó en los párrafos anteriores, existe un conjunto de características de

calidad que deben tenerse en cuenta. A estas características de calidad se les conoce también como Requisitos No Funcionales (NFR).

Se debe tener en cuenta que existen requisitos no funcionales que se contraponen unos a otros. Por ejemplo, en ocasiones, incorporar mecanismos que fortalezcan la seguridad del sistema puede afectar al rendimiento del mismo, en términos de los tiempos de respuesta obtenidos. Por lo mismo, se deben priorizar y en ocasiones seleccionar los Requisitos No Funcionales que serán considerados a partir de un conjunto de cualidades deseadas.

Asociadas a los atributos de calidad deben existir métricas, que ayuden a obtener un valor de la calidad del software. Actualmente, una vez que el sistema ha sido desarrollado completamente, se aplican estas métricas al producto para determinar en qué grado el requisito de calidad ha sido incorporado, pero esta incorporación ha sido intuitiva y subjetiva, dado que no se realiza mediante procedimientos formales. El problema de esta estrategia radica en que si al aplicar estas métricas, los resultados no son satisfactorios, se debe realizar una modificación en el diseño y/o implementación del sistema, lo que puede generar una gran alza en los costes de desarrollo. Es así como Brito, Moreira y Araújo [41] exponen que la integración tardía de los requisitos no funcionales, puede comprometer algunos principios de la Ingeniería de Software, como por ejemplo, la abstracción, modularidad y reusabilidad.

Dada la gran diversidad de los requisitos de calidad, es posible encontrar distintas clasificaciones de éstos. A continuación, se mencionan algunas de estas clasificaciones propuestas según diferentes autores, con el fin de centrar esta investigación en las cualidades de calidad necesarias para garantizar el funcionamiento del producto software y la correcta definición de los criterios de aceptación que tendrá un proyecto de adquisición.

Según Malan y Bredemeyer en [42], los requisitos no funcionales pueden tipificarse en:

- *Restricciones*: son características que debe cumplir el sistema y que no son negociables.
- *Restricciones contextuales*: características del sistema que contendrá al nuevo sistema en desarrollo.
- *Cualidades*: propiedades o características del sistema que afectan al grado de satisfacción de los usuarios. A su vez, las cualidades pueden clasificarse en dos tipos: las características que el sistema debe satisfacer en tiempo de ejecución (*run-time qualities*), las cuales deben ser especificadas por los futuros usuarios del sistema; y aquellas que deben considerarse durante el tiempo de desarrollo (*development-time qualities*) y que deben ser especificadas por el equipo de desarrolladores del producto.

Las cualidades en tiempo de ejecución, se relacionan con cómo de bien se satisfacen los requisitos funcionales, y consideran las siguientes características:

- Usabilidad (facilidad de uso, fácil de aprender, eficiencia, etc.).
- Configurabilidad y soportabilidad.
- Correctitud, precisión y disponibilidad.
- Calidad de servicio (tiempo de respuesta, latencia, etc.).
- Seguridad y tolerancia a fallos (protección de la información y de los recursos del sistema).
- Escalabilidad operacional (soporte del incremento de usuarios, o volumen de transacciones, etc.).

Por otro lado, las cualidades en tiempo de desarrollo, se relacionan con las propiedades que deben considerarse durante la creación de los artefactos del proceso de desarrollo se consideran:

- Localización (capacidad de adaptarse a diferencias regionales).
- Modificabilidad o extensibilidad (capacidad de transformación).
- Composición (crear sistemas a partir de plug-and-play).
- Reusabilidad.

Por otro lado, Robertson & Robertson [43] presentan una clasificación de los requisitos no funcionales, realizada después de revisar muchas especificaciones, dando paso a una lista extraída de las propiedades más útiles que los productos deben tener:

- Requisitos de apariencia.
- Requisitos de usabilidad.
- Requisitos de rendimiento.
- Requisitos de mantenibilidad y portabilidad.
- Requisitos de seguridad.
- Requisitos culturales y políticos.
- Requisitos legales.

Chung y Nixon [44] presentan una jerarquía de requisitos no funcionales, como se muestra en la Figura 2. 6.

Figura 2. 6.- Jerarquía de Requisitos No Funcionales según Chung y Nixon

2.3. MODELOS Y ESTÁNDARES QUE TRATAN CON LA CALIDAD

Los modelos de calidad permiten establecer definiciones de una forma más precisa, entregando una base para discutir, planificar y obtener índices de calidad, los cuales permiten obtener una percepción objetiva del grado de cumplimiento de la incorporación de algún atributo de calidad en un producto de software específico.

Según Firesmith [45], un Modelo de Calidad consta de una taxonomía de factores que lo constituyen, los subfactores que componen cada factor y los indicadores asociados, los cuales proveen un medio para cuantificar y medir dichos subfactores. La Figura 2. 7 esquematiza estos conceptos y muestra la relación entre el modelo y un sistema específico al que se le aplica dicho modelo.

La calidad se define principalmente en términos de factores de calidad, los cuales son atributos, propiedades o características de un producto de trabajo que caracterizan aspectos importantes de su calidad total.

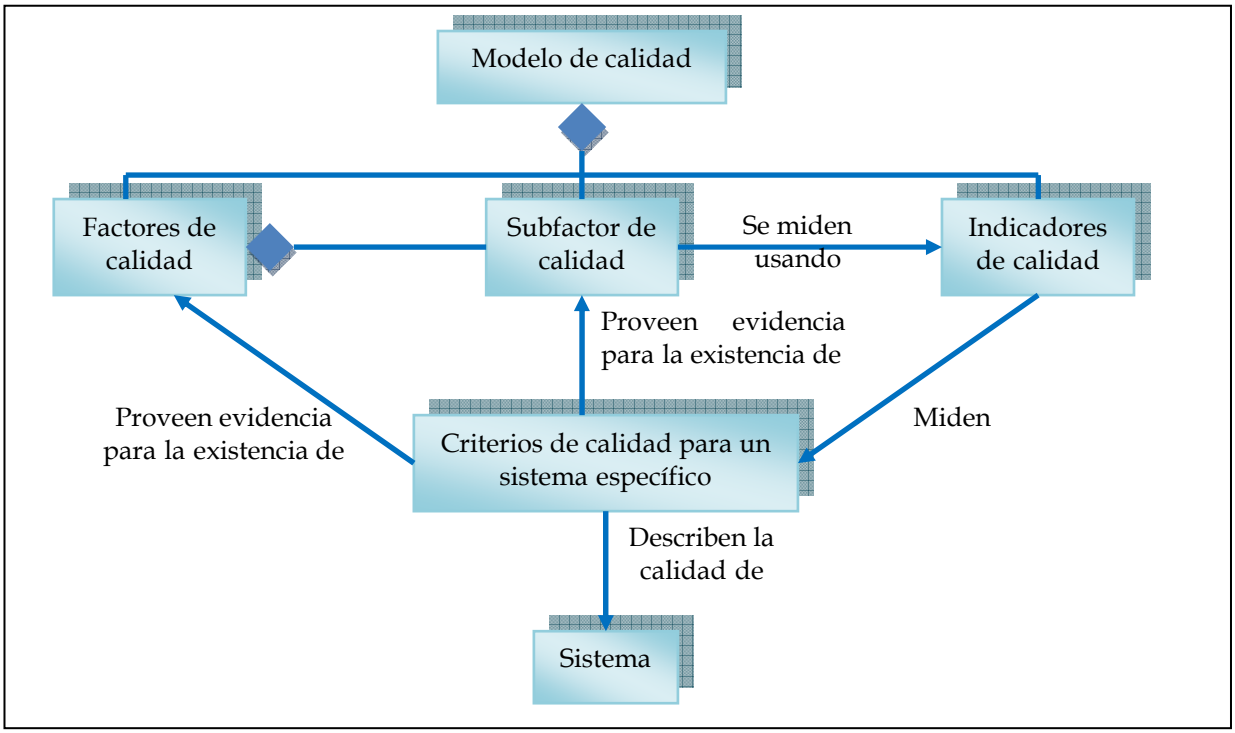

Figura 2. 7.- Estructura general de los modelos de calidad según Firesmith [45]

La Tabla 2- 8, adaptada de Baker y Fisher [34], presenta las dimensiones de los requisitos de calidad definidos por Firesmith.

Tabla 2- 8.- Definición de las dimensiones de los requisitos de calidad.

Requisito de Calidad	Descripción
Condición	Una condición opcional que establece bajo qué condiciones los requisitos de calidad deben ser satisfechos.
Criterio de calidad	Descripción específica del sistema que provee cualquier evidencia de la existencia o ausencia de un factor o subfactor de calidad dado.
Umbral de calidad	Especifica un nivel de calidad mínimo a lo largo de una escala de medición de la calidad.

A continuación, se presentan algunos de los modelos y estándares que tratan con la calidad que sirven de base para la determinación de los criterios de calidad, y de aceptación del proceso y del producto en adquisición. Los modelos y estándares considerados son: Modelo de Calidad de McCall, Estándar ISO 9126 "Tecnología de la información - Evaluación de los productos de Software - Características de calidad y directrices para su uso" [46], Estándar ISO 9001:2000 "Sistema de gestión de calidad – Requisitos" [46], Marco de trabajo conceptual extendido de calidad, PRINCE2 "Proyectos en entornos controlados", y PMBOK "Guía para el cuerpo del conocimiento de la gestión de proyectos".

2.3.1. *Modelo de Calidad de McCall*

Este modelo se presenta por ser uno de los primeros modelos de calidad desarrollados y porque a partir de él se han derivado otros, reconociendo de esta forma su importancia y utilidad.

El Modelo de McCall, también conocido como Modelo FCM derivado de los tres términos Factors/Criteria/Metrics [46], organiza la calidad en tres ejes o puntos de vista desde los cuales el usuario puede contemplar la calidad de un producto. Para cada uno de estos puntos de vista, se presenta un conjunto de factores de calidad (once en total), los cuales tienen a su vez asociados criterios (veintitrés, en total). En cuanto a las métricas, McCall propuso cuarenta y una, especialmente de tipo subjetivo, es decir, que evaluadas por personas diferentes podrían ofrecer resultados con valores diferentes.

Una debilidad de este modelo es la no existencia de indicadores objetivos que permitan medir el grado de incorporación de los atributos de calidad en un producto específico.

Se puede ver un resumen del modelo en la Tabla 2 – 9.

Tabla 2- 9.- Modelo de Calidad de McCall

Eje	Factor	Criterios
Operación del producto	Facilidad de uso	Facilidad de operación Facilidad de comunicación Facilidad de aprendizaje
	Integridad	Control de accesos Facilidad de auditoría
	Corrección	Completitud Consistencia Trazabilidad
	Fiabilidad	Precisión Consistencia Tolerancia a fallos Modularidad Simplicidad
	Eficiencia	Eficiencia en ejecución Eficiencia en almacenamiento
Revisión del producto	Facilidad de mantenimiento	Modularidad Simplicidad Consistencia Concisión Auto descripción
	Facilidad de prueba	Modularidad Simplicidad Auto descripción Instrumentación
	Flexibilidad	Auto descripción Capacidad de expansión Generalidad Modularidad
Transición del producto	Reusabilidad	Auto descripción Generalidad Modularidad Independencia entre sistema y software Independencia del hardware
	Interoperabilidad	Modularidad Compatibilidad de comunicaciones Compatibilidad de datos
	Portabilidad	Auto descripción Modularidad Independencia entre sistema y software Independencia del hardware

2.3.2. *Estándar ISO 9126 "Tecnología de la información - Evaluación de los productos de software - Características de calidad y directrices para su uso"*

El estándar o norma ISO 9126 se incorpora en detalle, dado que es uno de los estándares más aceptados y aplicados actualmente.

La norma ISO 9126 desarrollada por la Organización Internacional de Estándares (ISO) en 1991, organiza las Características de Calidad del Software

en función de subcaracterísticas. Se define como un modelo de calidad para la valoración del producto que identifica seis factores de calidad:

- Funcionalidad.
- Usabilidad.
- Confiabilidad.
- Eficiencia.
- Portabilidad.
- Mantenibilidad.

La Tabla 2- 10 muestra las sub-características asociadas a cada factor o características de calidad. Esta tabla fue tomada de [47].

La norma ISO-9126, además de un modelo de calidad, es también un estándar internacional para la evaluación de la calidad de producto de software, con el nombre "*Information technology – Software product evaluation – Quality characteristics and guidelines for their use*".

La norma se divide en 4 partes: Modelo de Calidad, Medidas Externas, Medidas Internas, Calidad por medio de las medidas. La primera parte de la norma se relaciona principalmente con el establecimiento de un sistema de características y subcaracterísticas para la definición de calidad de software, que han sido definidas en la Tabla 2- 10. La segunda, tercera y cuarta parte de la norma se relacionan con el desarrollo de los criterios para medir las características.

Por la utilidad que presenta la norma, ha sido estudiada por diferentes autores e investigadores quienes la han evaluado para realizar críticas y aportaciones a la misma. Esto último ha llevado a que la norma evolucione y actualice diferentes características del modelo que plantea y actualmente define nuevas bases encaminadas al desarrollo de productos de software de alta calidad, bajo el surgimiento del Modelo de Calidad Actualizado en el Estándar ISO 9126-1.

La versión 9126-1 del estándar fue desarrollada a mediados de 1994 [48] y actualmente el trabajo de revisión y actualización de conceptos es constante. La norma mantiene como pilares las seis características mencionadas y descritas en la Tabla 2- 10. De esta forma, conserva el mecanismo de descomposición de características y sub-características de la versión de 1991. Su definición ha sido ampliada de tal forma que permite la interpretación en términos de calidad interna y externa del producto que será medido. La introducción de nuevos conceptos permite establecer métricas internas y externas gracias a la definición de conceptos de calidad interna, externa y calidad de uso.

Tabla 2- 10.- Características de calidad, según el estándar ISO 9126

Características	Sub-Características
Funcionalidad	***Adecuación:*** Atributos de acuerdo con el objetivo del software.
	Exactitud: Atributos del software que influyen en la previsión de los resultados correctos o los efectos obtenidos.
	Interoperatibilidad: Capacidad de los atributos del software para interactuar con otros sistemas.
	Conformidad: Aplicación y cumplimiento de patrones, reglas o leyes que regulan el producto de software.
	Seguridad: Los atributos del software que influyen en su capacidad de impedir acceso no autorizado, fortuito o deliberado, a programas y datos.
Usabilidad	***Facilidad de Entendimiento:*** Atributos del software que influyen en el esfuerzo del usuario para reconocer el concepto lógico y su aplicabilidad.
	Facilidad de Aprendizaje: Atributos del software que influyen en el esfuerzo del usuario para aprender a manejar la aplicación.
	Operatividad: Atributos del software que influyen en el esfuerzo del usuario para la operación y el control de las operaciones que realiza por medio del sistema.
Confiabilidad	***Madurez:*** Frecuencia de error por los fallos en el software.
	Tolerancia a fallos: Robustez del software. Atributos del software que influyen en su capacidad de mantener un nivel de rendimiento en caso de un fallo de software o la violación de interfaz.
	Recuperabilidad: Capacidad de reestablecer el nivel de rendimiento y recuperación de datos inmediatamente de que se produzca un error.
Eficiencia	***Tiempo de Respuesta:*** Tiempo de respuesta, tiempo de procesamiento y frecuencia de sobreprocesamiento.
	Recursos: Cantidad de recursos usados y duración de ese uso.
Portabilidad	***Adaptabilidad:*** Atributos del software que influyen en la adaptación a diferentes entornos sin aplicar otras acciones o que éstas impliquen o afecten al propósito del software.
	Instalabilidad: Atributos del software que influyen en el esfuerzo realizado para instalarlo en un entorno específico.
	Conformidad: Atributos de adhesión del software a patrones relacionados con portabilidad.
	Reemplazabilidad: Atributos del software que influyen en la oportunidad y el esfuerzo de usar otro software en el sitio y entorno.
Mantenibilidad	***Analizabilidad:*** Características del software que influyen en el esfuerzo necesario para diagnosticar las deficiencias o causas de fracasos.
	Modificabilidad: Atributos del software que influyen en el esfuerzo necesario para la modificación, eliminación de fallos o cambios de entorno.
	Estabilidad: Atributos del software que influyen en el riesgo del efecto inesperado de las modificaciones.
	Testeabilidad: Atributos que influyen en el esfuerzo necesario para validar el software modificado.

Olsina [48] define las métricas asociadas a la norma ISO 9126-1 de la siguiente forma:

- *Métrica Interna de un Atributo (interno):* es un valor numérico que siempre involucra al producto en sí, ya sea obtenido por una métrica directa o indirecta.
- *Métrica Externa:* es el valor resultante de aplicar una métrica indirecta y siempre involucra al producto y su comportamiento con el entorno.

- *Métricas de Calidad de Uso:* miden el grado con que un producto satisface las necesidades de usuarios específicos para lograr las metas con efectividad, productividad, seguridad y satisfacción.

La Figura 2. 8 [48] permite evaluar el marco conceptual del modelo planteado que contribuye a mejorar la calidad del producto y por medio de éste la calidad en uso. Teniendo en cuenta estos dos aspectos, se considera que al mejorar la calidad de uso, la retroalimentación permite mejorar el producto y, a su vez, mejorar el proceso. El modelo de calidad se debe utilizar cuando se establecen las metas de evaluación para un producto o productos intermedios. Tanto la calidad de software como la calidad en uso, se deben descomponer jerárquicamente en un modelo conformado en base a características y sub-características.

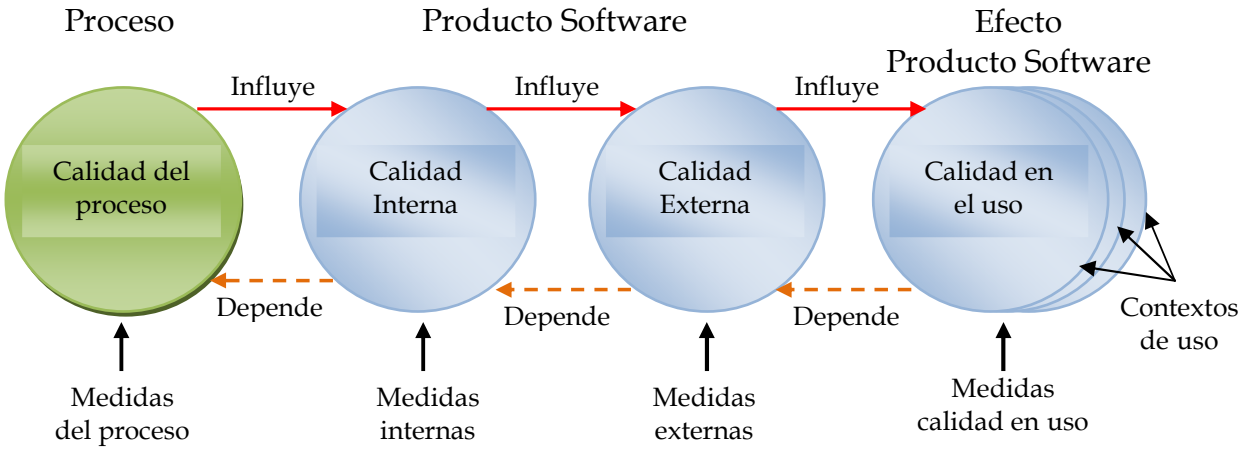

Figura 2. 8.- Marco Conceptual del Modelo de Calidad [48]

2.3.3. *ISO 9001:2000 Sistema de gestión de calidad – Requisitos*

Esta norma es una guía para la Gestión de Calidad, aplicada al software, considerando su compra, provisión, desarrollo, operación y mantenimiento [49]. Los requisitos de esta norma son genéricos y pueden ser aplicados en cualquier organización, independiente de su tipo, tamaño y producto suministrado.

Según la norma, para que una organización establezca un Sistema de Gestión de la Calidad, debe realizar las siguientes actividades [49]:

- Identificar los procesos necesarios para el Sistema de Gestión de Calidad y su aplicación a través de la organización.
- Determinar la secuencia e interacción de estos procesos.
- Determinar los criterios y métodos necesarios para asegurar que tanto la operación como el control de estos procesos sean eficaces.
- Asegurar la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de estos procesos.
- Realizar el seguimiento, la medición y el análisis de esos procesos.

- Implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de estos procesos.

Se define un conjunto de documentos que sustenten el Sistema de Gestión de Calidad [49], que incluye:

- Declaraciones documentadas de una política de calidad y de objetivos de calidad.
- Manual de calidad, que debe incluir el alcance del Sistema de Gestión de Calidad, los procedimientos documentados establecidos para el sistema y una descripción de la interacción entre los procesos del sistema de gestión de calidad.
- Procedimientos documentados.
- Documentos necesarios para asegurar la eficaz planificación, operación y control de sus procesos, que incluyen: descripciones de procesos; descripciones de instrucciones de procedimientos y/o plantillas utilizadas; descripciones de ciclo de vida utilizadas; descripciones de las herramientas, técnicas, tecnologías y métodos; documentos de normas o guías para la codificación, diseño, desarrollo y pruebas.
- Registros requeridos por la norma, los cuales se muestran en la Tabla 2- 11.

Tabla 2- 11.- Registros requeridos por la Norma ISO 9001:2000

Tipo	Documento
Evidencias de conformidad con los requisitos	Resultado de las pruebas
	Informe de problemas
	Cambio de requisitos
	Documentos marcados con comentarios
	Auditoría y evaluación de informes
	Revisión y registros de inspección
Evidencias de operación eficaz	Cambios a los recursos
	Estimaciones
	Selección y calificación de las herramientas, metodologías y proveedores (cómo y por qué)
	Acuerdos de licencias de software
	Actas de reuniones
	Registros de revisiones de software

Todos los documentos mencionados anteriormente deben ser registrados y controlados. Además, para cada registro se debe determinar el periodo de retención necesario, esto es, por cuánto tiempo se mantendrá almacenado.

En cuanto a la comunicación entre comprador – cliente, la norma define la necesidad de determinar e implementar medidas eficaces para la comunicación relacionada con la información sobre el producto; las consultas, contratos o atención de pedidos, incluyendo las modificaciones; y la retroalimentación del cliente, incluyendo sus quejas [49].

2.3.4. *Marco de Trabajo Conceptual Extendido de la Calidad*

Este marco de trabajo, conocido como EQCF por su nombre en inglés (Extended Quality Conceptual Framework) [33], desarrollado por el Software Engineering Institute [34], fue creado para actualizar y extender el alcance del modelo original, llamado "*Software Quality Framework*", cuyo objetivo era localizar la calidad en una perspectiva apropiada en relación a la adquisición y desarrollo de software de computador.

El marco de trabajo aborda los elementos conceptuales necesarios para *construir* la calidad y evaluar en realidad el porcentaje logrado [34]. Además incorpora tres elementos que interactúan con otras actividades de desarrollo. Los elementos son:

- Establecer los requisitos y el control de cambios.
- Evaluar la calidad del proceso y del producto.
- Establecer e implementar métodos para alcanzar la calidad (métodos para construir la calidad en el producto u otras entidades).

La Figura 2. 9 [34] muestra la interacción de los elementos de EQCF con las actividades del proyecto de desarrollo. Los tres elementos interactúan entre sí y con las actividades del proyecto, guiando la obtención de productos de calidad.

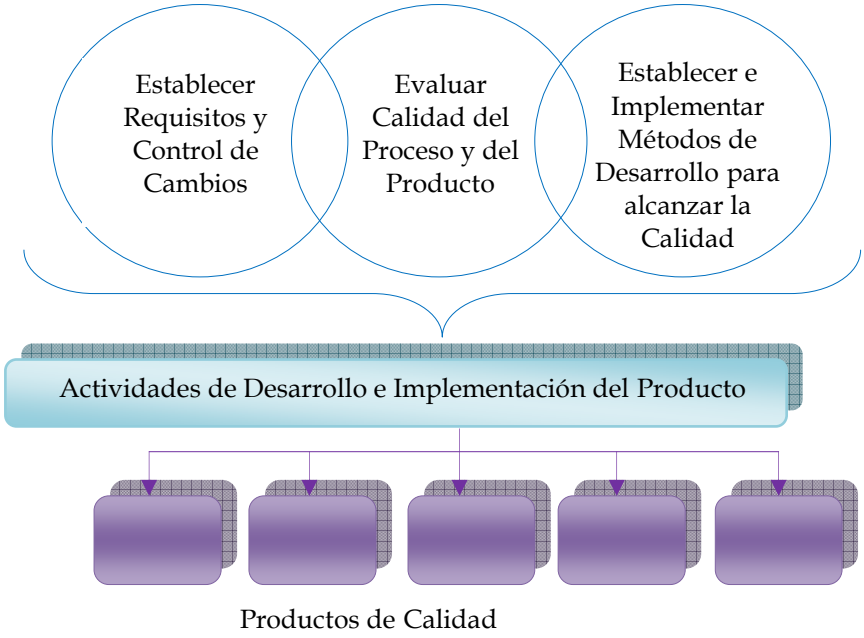

Figura 2. 9.- Interacción de actividades entre EQCF y proyecto de desarrollo

A continuación, se detallan cada uno de los elementos del marco de trabajo.

- ***Establecer los requisitos y el control de cambios***. Las actividades de este apartado consisten en establecer y controlar los cambios en los requisitos. Los requisitos del producto deben asegurar que reflejan la calidad completa

deseada en el producto, incluyendo funcionalidad y rendimiento, y se debe documentar y formalizar en la línea base del software [34].
Según los autores del marco de trabajo, un problema a la hora de especificar los requisitos de calidad de un producto, es la percepción errónea de que la calidad no se puede establecer cuantitativamente o de alguna manera que permita su evaluación objetiva.
Los cambios en los requisitos deben ser controlados y documentados, y se debe comprender bien cómo afectan al producto y a su calidad.
Se debe tener en cuenta que el cumplimiento total de los requisitos no garantiza un producto de calidad. Esto sucede cuando los requisitos no fueron definidos apropiadamente y existen errores en ellos.

- ***Evaluar la calidad del proceso y del producto***. Las evaluaciones contempladas en este apartado del marco de trabajo, son utilizadas para valorar la calidad del producto, la idoneidad de los procesos y las actividades responsables de la calidad del producto, y el cumplimiento de los procesos establecidos.
  La evaluación de la calidad ayuda a determinar la "salud" del producto y, por lo tanto, del proyecto [34]. Estas actividades incluyen revisiones, valoraciones, pruebas, análisis e inspecciones entre otras. En cuanto al proceso, la evaluación de la calidad se refiere a revisiones y auditorías para analizar el cumplimiento o adherencia con los procesos establecidos como estándar.

- ***Establecer e Implementar Métodos***. Estas actividades contemplan seleccionar, implementar y poner en práctica los procesos, métodos y prácticas apropiadas para construir la calidad en el producto y alcanzar los requisitos especificados. Lo anterior implica la generación de estándares que deben ser aplicados por toda la organización. Los autores del marco de trabajo recomiendan seleccionar los estándares en función de la experiencia. Si un proceso ha conseguido desarrollar "productos de alta calidad" en el pasado, se puede suponer que establecer dicho proceso como estándar debería resultar en la creación de productos de alta calidad en cada nuevo proyecto.

2.3.5. ***PRINCE2***

PRINCE2 [8] es un método estructurado para el control de proyectos. Es un estándar de facto usado por el gobierno de Reino Unido, desarrollado por la Oficina de Comercio Gubernamental.

Según sus creadores, el uso de este estándar proporciona como beneficios:
- Uso controlado de recursos y capacidad de gestionar los riesgos de manera más efectiva.
- Establece mejores prácticas en la gestión de proyectos.

- Enfrenta de manera formal el reconocimiento de responsabilidades en un proyecto.

PRINCE2 es una estrategia de gestión de proyectos basada en procesos. Los procesos definen las actividades de gestión a desarrollar durante un proyecto. Además, se describen un conjunto de componentes que son aplicados en ciertas actividades [8]. Los componentes son:

- Control de Cambios.
- Casos de Negocio.
- Organización.
- Planes.
- Controles.
- Gestión de Riesgos.
- Calidad en un Entorno de Proyecto.
- Gestión de Configuración.

En esta investigación interesa el componente de Calidad en el Entorno del Proyecto. PRINCE2 reconoce la importancia de la calidad e incorpora una estrategia de calidad a los procesos de gestión y técnicos [8]. Este componente se considera importante para todos los procesos definidos.

La Gestión de la Calidad abarca todas las actividades de gestión de proyecto que determinan e implementan el Plan de Calidad del Proyecto. PRINCE2 considera como elementos de la gestión de calidad, un Sistema de Calidad, el cual define la estructura organizacional, los procedimientos y procesos para implementar la gestión de calidad; el Aseguramiento de la Calidad, la Planificación de la calidad y el Control de Calidad [8]. Estos elementos serán definidos en detalle en la próxima sección del presente documento.

La Figura 2. 10, adaptada de [8], muestra el "*camino de la calidad*" definido por PRINCE2. Este camino es el proceso que se debe seguir para incorporar la calidad en el proyecto. En cada nodo de la Figura 2. 10, el recuadro superior representa un subproceso de la estrategia de PRINCE2 (por ejemplo, "Planificar la calidad") y los cuadros inferiores representan los productos resultantes del subproceso (por ejemplo, "Plan de Calidad del Proyecto").

El proceso comienza con la definición de las expectativas del cliente en relación a la calidad de los productos a generar. En base a estas expectativas, se definen los criterios de aceptación del producto, los cuales son "*una definición en términos medibles de las características requeridas del producto final para que sea aceptable por el cliente y por el equipo que será afectado"[8].*

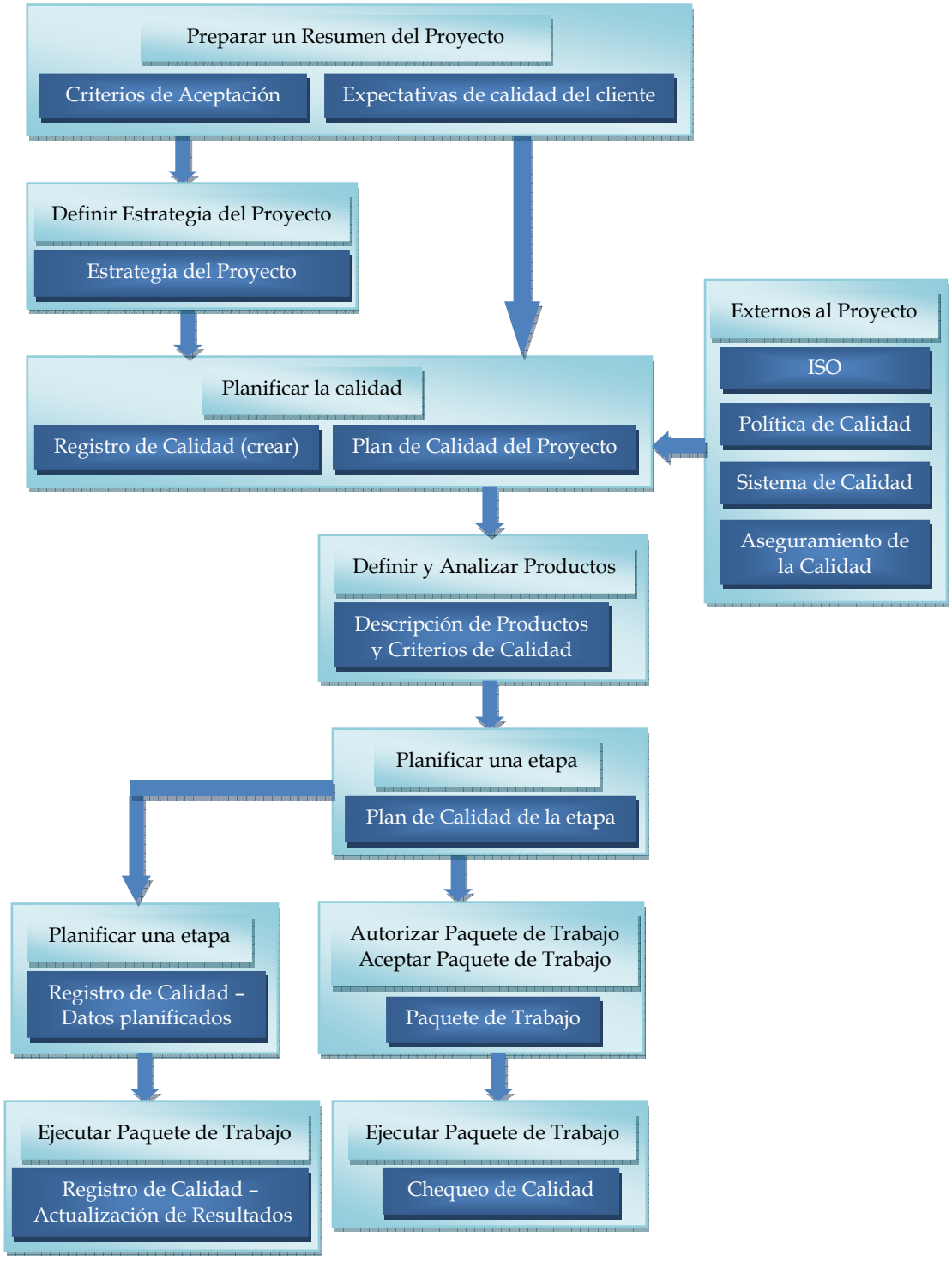

Figura 2. 10.- Proceso de Calidad definido por PRINCE2

El plan de calidad del proyecto debe ser desarrollado en base a estándares externos al proyecto, y al marco de calidad general de la organización, definidos por el Sistema de Calidad, las políticas de calidad y las actividades de aseguramiento de calidad definidas previamente.

El plan de calidad del proyecto define en términos generales cómo el proyecto cumplirá las expectativas de calidad del cliente. Debe definir las técnicas y estándares que se utilizarán. También debe definir la distribución de las responsabilidades relacionadas con la calidad. Para que los entregables del proyecto tengan un nivel de calidad aceptable, se debe definir cómo se probará cada producto frente a sus criterios de calidad; cuándo será probado cada producto; quién los probará; y cómo se notificará la aceptación [8].

La descripción del producto debe incluir los criterios de calidad del producto a generar (o producto intermedio de una etapa en particular) y los métodos que se usarán para comprobar la presencia de esos criterios en el producto final.

El registro de calidad, tal como su nombre indica, es un registro de todas las actividades de comprobación de la calidad desarrolladas durante el proyecto.

2.3.6. *Guía para el Cuerpo del Conocimiento de la Gestión de Proyectos*

La Guía para el Cuerpo del Conocimiento de la Gestión de Proyectos [50], PMBOK por su nombre en inglés (Project Management Body of Knowledge), es una Norma Nacional Americana (ANSI/PMI 99-001-2004) cuya finalidad es identificar los fundamentos de la Gestión de Proyectos. Entrega una descripción general de las buenas prácticas en la Gestión de Proyectos [50].

Esta guía se estructura en cinco grupos de procesos de Gestión de Proyectos, que a su vez contienen en total 44 procesos que se organizan en nueve áreas de conocimiento [50]. Una de estas áreas de conocimiento es la *Gestión de Calidad del Proyecto*, la cual describe los procesos necesarios para asegurar que un proyecto cumpla sus objetivos iniciales. Los procesos considerados son:

- Planificar la calidad. Identifica las normas de calidad relevantes para el proyecto y determina cómo satisfacerlas.
- Realizar aseguramiento de calidad. Aplica las actividades de calidad planificadas, para asegurar que el proyecto usa los procesos necesarios para cumplir con los requisitos.
- Realizar control de calidad. Supervisa los resultados del proyecto para determinar si se cumplen las normas de calidad e identificar cómo eliminar las causas de un rendimiento insatisfactorio.

PMBOK define como elementos de importancia para la gestión de calidad y la gestión de proyectos moderna los siguientes elementos [50]:

- La ***satisfacción del cliente***, la cual debe combinar la conformidad con la especificación y la aptitud para el uso del producto.
- ***La prevención sobre la inspección***, esto es evitar errores, lo que genera un menor costo que su corrección.

- ***Responsabilidad de la dirección***. Si bien es cierto que el éxito requiere de la participación de todos los miembros del equipo, se requiere que la Dirección sea responsable de proveer los recursos necesarios.
- ***La mejora continua***. Organizar los procesos en fases es la base para la mejora de la calidad.

La Tabla 2- 12 muestra la descripción general de los procesos asociados a la Gestión de Calidad que entrega PMBOK.

Los activos de los procesos de la organización que se mencionan en la Tabla 2-12, incluyen: políticas, procedimientos y guías de calidad; bases de datos históricas; y lecciones aprendidas de proyectos anteriores.

Ejemplos de métricas de calidad son [50]: densidad de defectos, índice de fallos, disponibilidad, fiabilidad y cobertura de las pruebas.

Las solicitudes de cambio mencionadas incluyen [50]: Modificaciones en los métodos de trabajo, Requisitos del producto, Requisitos de calidad, y alcance y cronograma.

Tabla 2- 12.- Descripción general de los procesos de Calidad, según PMBOK

Proceso	Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
Planificación de la calidad	1. Factores de entorno de la empresa 2. Activos de los procesos de la organización 3. Enunciado del alcance del proyecto 4. Plan de gestión del proyecto	1. Análisis Coste-beneficio 2. Estudios comparativos 3. Diseño de experimentos 4. Coste de la calidad 5. Herramientas adicionales de planificación de calidad	1. Plan de Gestión de calidad 2. Métricas de calidad 3. Listas de comprobación de calidad 4. Plan de mejoras del proceso 5. Línea base de calidad 6. Plan de gestión del proyecto (actualizaciones)
Realizar Aseguramiento de Calidad	1. Plan de Gestión de calidad 2. Métricas de calidad 3. Plan de mejoras del proceso 4. Información sobre el rendimiento del proceso 5. Solicitudes de cambio aprobadas 6. Mediciones de control de calidad 7. Solicitudes de cambio implementadas 8. Acciones correctivas implementadas 9. Reparaciones de defectos implementadas 10. Acciones preventivas implementadas	1. Herramientas y técnicas para la planificación de calidad 2. Auditorías de calidad 3. Análisis del proceso 4. Herramientas y técnicas para el control de calidad	1. Cambios solicitados 2. Acciones correctivas recomendadas 3. Activos de los procesos de la organización (actualizaciones) 4. Plan de gestión del proyecto (actualizaciones)
Realizar Control de Calidad	1. Plan de gestión de calidad 2. Métricas de calidad 3. Listas de comprobación de calidad 4. Activos de los procesos de la organización 5. Información sobre el rendimiento del trabajo 6. Solicitudes de cambio aprobadas 7. Productos entregables	1. Diagrama de causa y efecto 2. Diagramas de control 3. Diagramas de flujo 4. Histograma 5. Diagrama de Pareto 6. Diagrama de comportamiento 7. Diagrama de dispersión 8. Muestreo estadístico 9. Inspección 10. Revisión de reparación de defectos	1. Mediciones de control de calidad 2. Reparación de defectos validada 3. Línea base de calidad (actualizaciones) 4. Acciones correctivas recomendadas 5. Acciones preventivas recomendadas 6. Cambios solicitados 7. Reparación de defectos recomendada 8. Activos de procesos de la organización (actualizaciones) 9. Productos entregables validados 10. Plan de gestión del proyecto (actualizaciones)

La Figura 2. 11, tomada de [50], muestra el diagrama de flujo de procesos para la Gestión de Calidad definido por PMBOK.

El estándar destaca que uno de los principios fundamentales de la gestión de calidad es la declaración de que *la calidad se planifica, se diseña e incorpora; no se incluye mediante inspección [50].*

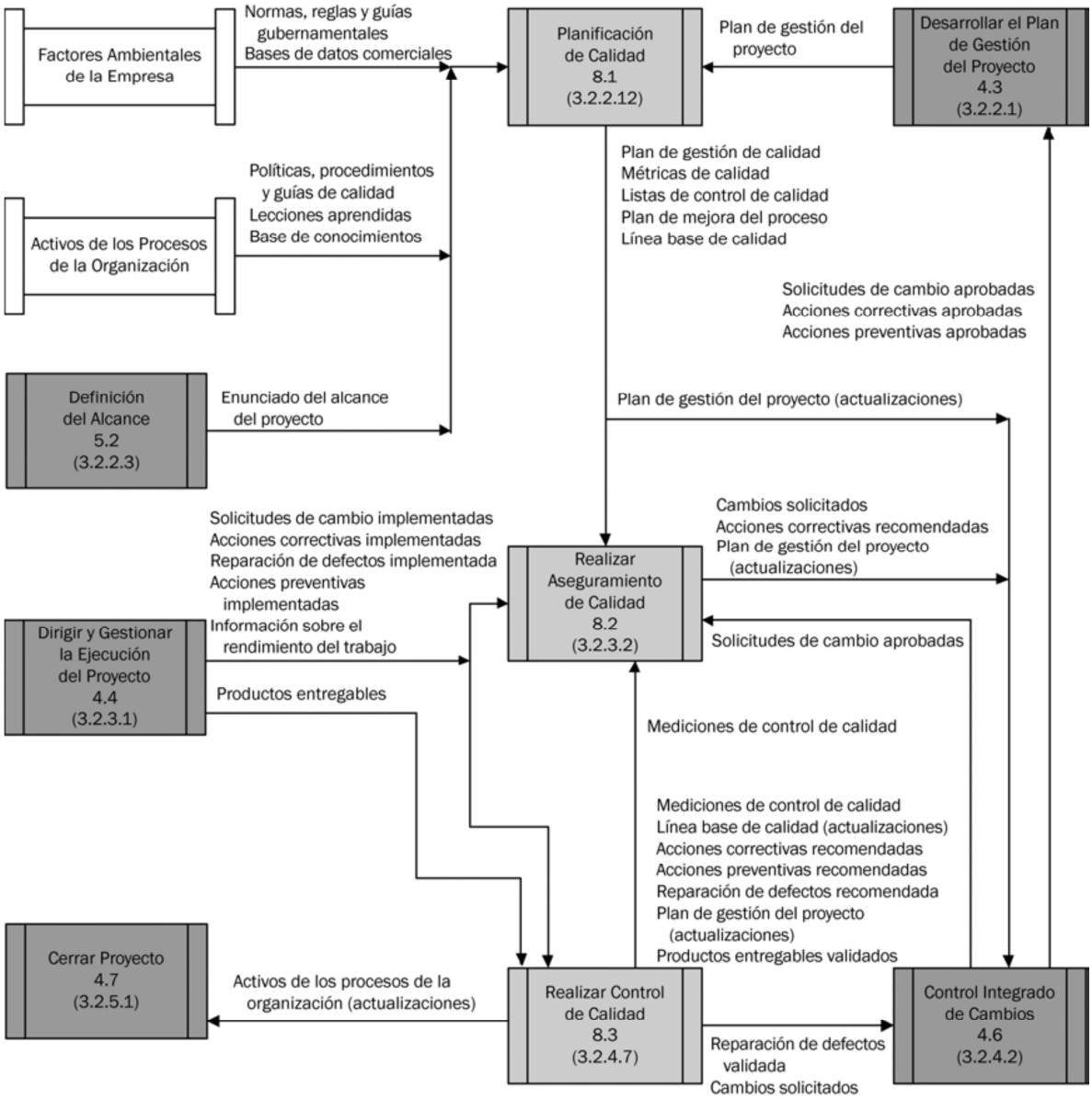

Figura 2. 11.- Diagrama de Flujo de Procesos de Gestión de la Calidad [50]

Luego de realizada la revisión bibliográfica sobre los modelos y estándares relacionados con la calidad, es posible reafirmar que si bien es cierto, existe una clara preocupación por incorporar buenas prácticas que permitan gestionar la calidad de los productos y de los procesos, sin embargo existe una carencia de propuestas que realicen la adaptación de los modelos y estándares y que se preocupen por la aplicabilidad de las prácticas recomendadas, en especial en la PYMES.

2.4. GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL SOFTWARE

Los problemas que se presentan durante el desarrollo de software, pueden agravarse cuando el producto es adquirido a empresas de desarrollo externas. La manera de evitarlos, se basa en la incorporación de una metodología de aseguramiento de la calidad, que involucre a los clientes que adquieren junto a quienes realizan el desarrollo. Simmons [6] identifica diversos aspectos relacionados con el aseguramiento de la calidad en los procesos de adquisición, tales como la identificación de riesgos, la gestión de los requisitos y auditorías, entre otras, recomendando algunas técnicas y métodos que son útiles para incorporar estos aspectos, pero una vez más, la propuesta carece de indicaciones claras, de quién debería realizar y aplicar cada una de estas prácticas, problema que MACAD-PP viene a solucionar.

Los problemas de la calidad del software se derivan en gran parte por la dificultad existente para realizar la especificación del software [17]. Según Sommerville, la especificación usualmente se orienta a lo que el cliente quiere, sin incorporar lo que el equipo de desarrollo necesita. Por otro lado, es muy difícil especificar de manera no ambigua las características de calidad y además, los documentos de especificación del software generalmente son muy poco concretos.

Lamentablemente, como disciplina, la Ingeniería de Software tiene estándares de calidad mucho más bajos que otras disciplinas de la ingeniería [13]. Bessin plantea que existe un error común, según el cual, los desarrolladores suponen que la calidad se puede negociar para conseguir mejoras en el tiempo de desarrollo, sobre los costes o para agregar más funcionalidades [13].

Según el estándar ISO/IEC 12207:2008 [38], la implementación exitosa de los procesos de gestión de la calidad genera como resultados:

- La definición de las políticas y procedimientos organizacionales para la gestión de calidad.
- La definición de los objetivos cualitativos de la organización.
- La definición de cómo rendir cuentas de las actividades de gestión de calidad realizada y quién tiene la autoridad para desarrollar la gestión de calidad.
- La monitorización del estado de la satisfacción del cliente.
- La toma de acciones apropiadas cuando no se alcanzan los objetivos de calidad.

El objetivo de la Gestión de Calidad es conseguir, mantener y mejorar la calidad [11]. Según la norma ISO 9000 [11], la gestión de calidad comprende tres aspectos:

- El control de calidad.
- La mejora de la calidad.
- El aseguramiento de la calidad.

La Figura 2. 12 muestra la relación entre los procesos de la gestión de calidad y los procesos de desarrollo de software.

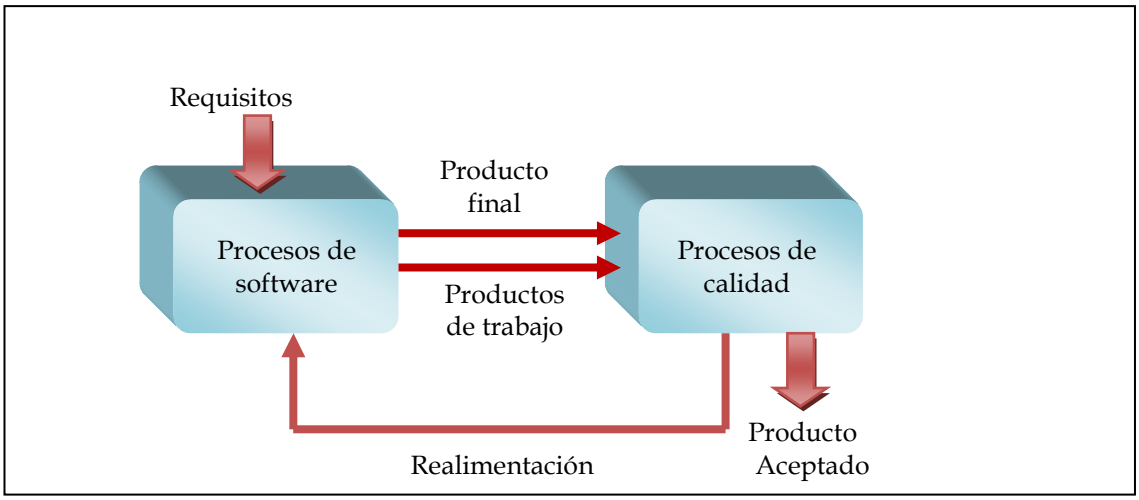

Figura 2. 12.- Relación entre los procesos de calidad y los procesos de software

La Gestión de Calidad debe estar separada de la gestión de proyectos, para evitar dañar la calidad por mantener el presupuesto y duración estimada inicialmente [17]. La Figura 2. 13 muestra la relación entre la Gestión de Calidad y la Gestión de Proyectos.

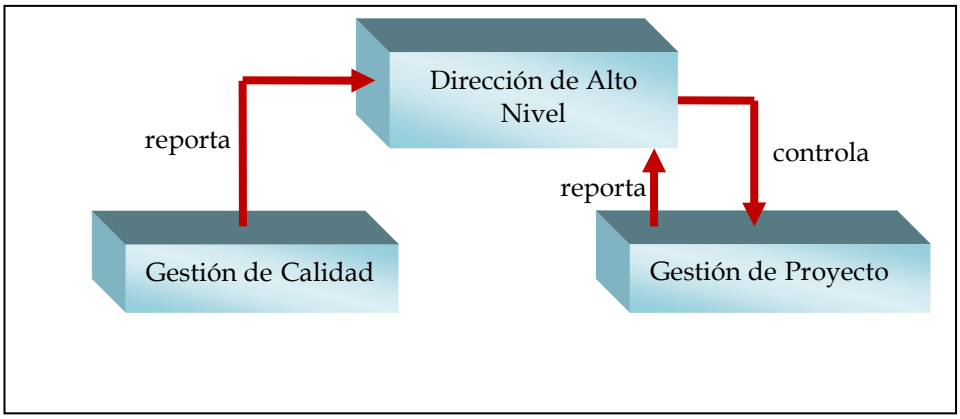

Figura 2. 13.- Relación entre la Gestión de Proyecto y la Gestión de Calidad

Entre las tareas asociadas a la gestión de calidad se encuentran [17]:

- Definir procedimientos y estándares.
- Comprobar que se cumplen los procedimientos y estándares.
- Desarrollar una cultura de calidad.
- Fomentar el comportamiento profesional de los integrantes del equipo de desarrollo.

La Tabla 2- 13 muestra las actividades recomendadas por el estándar ISO/IEC 12207:2008 [38] para la Gestión de Calidad.

Tabla 2- 13.- Actividades asociadas a la Gestión de Calidad, según el estándar ISO/IEC 12207:2008

Proceso	Actividades
Gestión de Calidad	Establecer políticas, estándares y procedimientos para la gestión de calidad.
	Establecer objetivos para la gestión de calidad y objetivos basados en la estrategia de negocio para la satisfacción del cliente.
	Definir responsabilidades y autoridad para implementar la gestión de calidad.
	Evaluar y reportar la satisfacción del cliente.
	Conducir revisiones periódicas de los planes de calidad del proyecto.
	Monitorizar el estado de la mejora de calidad de los productos y servicios.
Acciones correctivas de gestión de calidad	Tomar acciones correctivas cuando no se alcanzan los objetivos de la gestión de calidad.
	Implementar acciones correctivas y comunicar los resultados a través de la organización.

Las actividades asociadas a la gestión de calidad pueden clasificarse en tres tipos [51]:

- ***Medidas Preventivas*** que permiten prevenir los vacíos de calidad. Ejemplos de este tipo son la documentación de normas, métodos, técnicas entre otros.
- ***Medidas de Detección*** que permiten descubrir vacíos de calidad. Ejemplos de este tipo son las revisiones, recorridos (walkthrough) y pruebas.
- ***Medidas Correctivas*** que permiten remediar los vacíos de calidad. Ejemplo de este tipo es la corrección de defectos descubiertos por las pruebas.

Es muy importante tener en cuenta que la calidad es tarea de todos. Existe el mal entendido de que cualquier actividad relacionada con la calidad, le compete sólo al grupo de Aseguramiento de Calidad de la organización. Las tareas de evaluación de la calidad sólo permiten determinar en qué grado se han satisfecho los criterios o requisitos de calidad del producto, pero no es labor del grupo de aseguramiento de calidad mejorar el producto o "*incluirle*" aspectos de calidad. La calidad debe construirse durante el desarrollo del producto [34].

Para el desarrollo de **MACAD-PP** se consideraron las tres grandes etapas de la Gestión de Calidad, definidas por Sommerville [17], las cuales se han denominado como macro actividades:

- ***Aseguramiento de la Calidad***, la cual define el marco de trabajo para la incorporación de la calidad en la organización, mediante la definición o selección de procedimientos y estándares.
- ***Planificación de la Calidad***, cuyo objetivo es, para cada proyecto específico, seleccionar y adaptar desde el marco de trabajo, los procedimientos y estándares que se aplicarán.
- ***Control de Calidad***, que incorpora todos los procesos que aseguran que se está cumpliendo el plan establecido para el proyecto.

La Figura 2. 14 muestra la relación entre cada una de las macro actividades y sus productos resultantes.

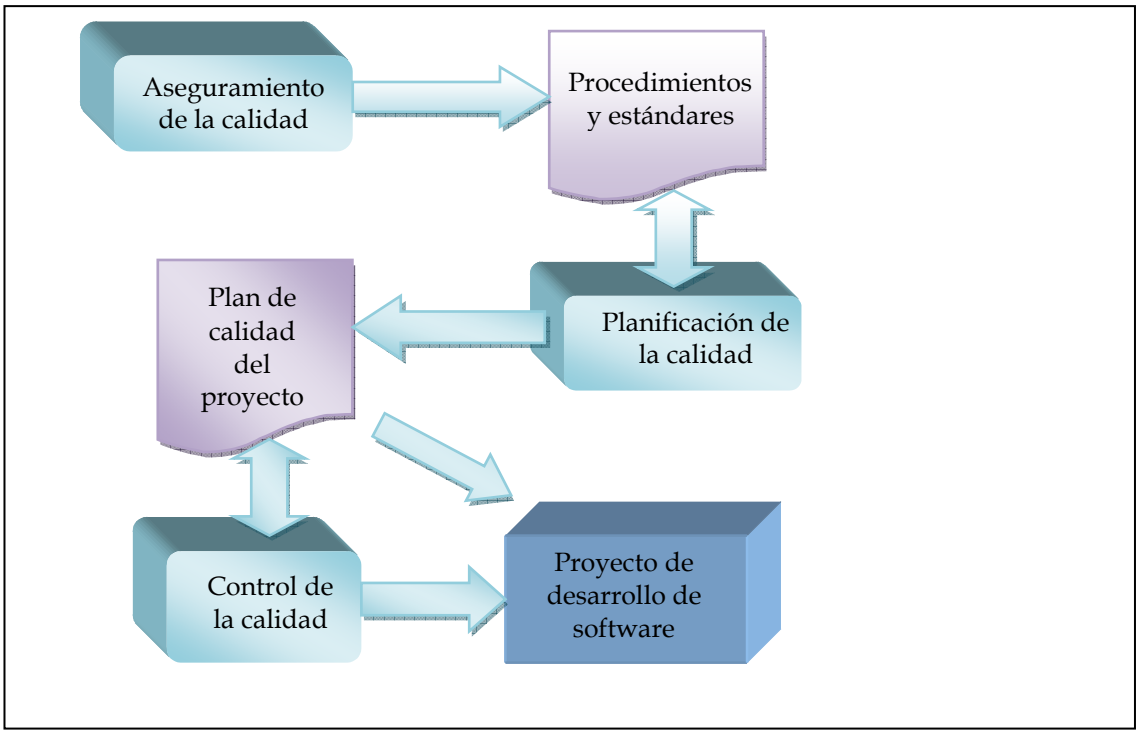

Figura 2. 14.- Relación entre las macro actividades de gestión de calidad

2.4.1. *Planificación de la Calidad*

La macro actividad de Planificación de la calidad, define la calidad deseada para el producto en desarrollo, indicando además qué se entiende por "Software de Calidad" y cómo se valorará la misma, es decir, cómo se determinará si un atributo de calidad está presente o no en el producto [17]. El establecimiento de estos criterios de calidad del producto, se debe realizar durante la Planificación del Proyecto [34].

La planificación de la calidad suministra los medios para adaptar la aplicación del sistema de gestión de calidad a un proyecto, producto o contrato específico [49].

El resultado de esta macro actividad es el Plan de Calidad del Proyecto, el cual debe ser un documento compacto, para que realmente sea leído y aceptado por los desarrolladores. El objetivo de este plan de calidad es realizar la selección de los atributos de calidad a incorporar en el producto e indicar cómo lograr dicha incorporación [17]. El plan es utilizado como una línea base para comparar los actuales niveles de calidad durante el desarrollo, con los niveles de calidad planificados [52].

Sommerville [17] sugiere una estructura para este plan de calidad:
- Introducción de producto.
- Planes del producto.
- Descripciones de proceso.
- Metas de calidad.
- Riesgos y su gestión.

Lewis [52] propone otra estructura más completa:
- Propósito. Delinea el propósito y el alcance del plan.
- Documentos de referencia. Lista de todos los documentos referenciados.
- Gestión. Estructura organizacional, tareas y responsabilidades.
- Documentación. Documentos que guían el desarrollo, y determinación de qué documentos serán validados y verificados.
- Estándares, prácticas, convenciones y métricas que serán aplicadas y cómo se controlará su cumplimiento.
- Revisiones e inspecciones, cuáles se realizarán, cómo se desarrollarán y cómo se hará el seguimiento y aprobación.
- Plan de gestión de configuración del software.
- Informe de problemas y acciones correctivas.
- Herramientas, técnicas y metodologías que apoyarán el trabajo de aseguramiento de la calidad.
- Control del código. Métodos e infraestructura utilizada para mantener, almacenar, asegurar y documentar el control de versiones.
- Control de medios. Métodos e infraestructura para identificar los productos y documentos, procedimientos de respaldo y restauración.
- Control de proveedores. Cómo se asegurará que el software obtenido de los proveedores cumplirá los requisitos establecidos. Qué métodos se utilizarán para conseguir lo anterior, y cómo se controlará el cumplimiento de los estándares.
- Registro, mantenimiento y conservación. Define qué documentos del aseguramiento de calidad del software se conservarán, qué métodos se usarán para salvaguardar y mantener esta documentación y por cuánto tiempo se mantendrá almacenada.
- Metodología de Pruebas. Estrategias, técnicas y herramientas a usarse.

Una vez que el Plan ha sido documentado, se debe obtener la aceptación de la Dirección del proyecto y del grupo de desarrollo. Sólo de esta forma, se conseguirá que el plan sea adoptado y respetado [52].

2.4.2. *Control de Calidad*

Tal como se mencionó previamente, la macro actividad de Control de Calidad implica vigilar el proceso de desarrollo, para asegurar que se sigan y cumplan los procedimientos y estándares. Esta tarea se puede realizar mediante dos enfoques distintos [17]:

- Revisiones de la calidad, realizadas por personas.
- Valoración automática del software, la cual se basa en medidas cuantitativas y son realizadas por herramientas de software.

Según la norma ISO 9000 [11], el control de calidad se define como el conjunto de actividades y técnicas operacionales que se usan para cumplir los requisitos de calidad. Esta actividad es la que regula el funcionamiento de la calidad e impide cambios indeseados en los estándares.

La Figura 2. 15 [11] muestra un esquema del proceso de control de calidad.

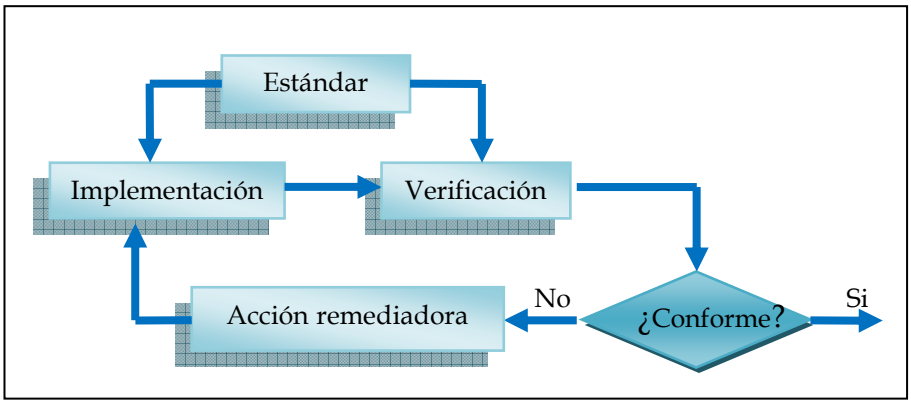

Figura 2. 15.- Proceso de control de calidad [11]

La norma ISO 9000 [11] sugiere una serie de pasos para realizar el control de calidad:

- Determinar qué parámetros deben controlarse.
- Establecer el grado de criticidad de cada parámetro.
- Establecer una especificación para los parámetros a controlar, esto es, definir límites de aceptabilidad.
- Instalar "sensores" que detecten la variación respecto a la especificación.
- Recoger datos para su análisis.
- Verificar los resultados y diagnosticar la causa de las variaciones detectadas.
- Proponer remedios y decidir las acciones a realizar.
- Aplicar las medidas seleccionadas y comprobar que se corrigió la variación.

Las actividades de evaluación de la calidad deben ser realizadas de manera independiente, es decir, deben ser desarrolladas por una organización o individuos externos [34]. Esta independencia se puede lograr de dos maneras:

- Dentro de la misma organización desarrolladora, la evaluación la realizan individuos diferentes de aquellos que diseñaron y desarrollaron el producto.
- La evaluación la realiza un grupo externo a la organización, por ejemplo, agentes de validación y verificación independientes. Esta es la forma más estricta de asegurar la independencia.

La decisión de cómo implementar la independencia y su grado, dependerá de muchos factores, tales como el tamaño y complejidad del producto o proyecto,

políticas corporativas, recursos disponibles y criticidad del producto para el usuario final [34].

El estándar PMBOK [50] recomienda para el Control de Calidad poseer conocimiento práctico del control de calidad estadístico, en especial de muestreo y probabilidad.

2.4.3. *Aseguramiento de la Calidad*

El aseguramiento de la calidad debe ser una actividad integrada con la gestión de la adquisición de software, que no sólo vele por el cumplimiento y adherencia a los estándares y procedimientos establecidos, sino que asegure además que el software diseñado es mantenible y soportable [7].

Las normas ISO definen el aseguramiento de la calidad como las acciones sistemáticas y planificadas necesarias para proporcionar la confianza adecuada de que un producto o servicio cumplirá los requisitos dados de calidad [11].

A pesar de que la principal responsabilidad de la calidad de un artefacto recae en su autor, es necesario que otras personas, distintas e independientes del creador realicen la revisión del producto [12].

Si bien es cierto, existen algunos estándares para el aseguramiento de la calidad que se pueden aplicar en los procesos de adquisición de software. Simmons [7] presenta las desventajas de estos estándares, por ejemplo, el estándar MIL-S-527792 limita la función de aseguramiento de calidad, sólo a la comprobación de si los desarrolladores cumplieron en la aplicación de los estándares, metodologías y prácticas acordadas. El mismo autor resalta que en los estándares actuales, en ocasiones se confunde el alcance del rol de aseguramiento de calidad con las labores de gestión de la configuración.

Sommerville [17] recomienda tener en cuenta algunas consideraciones a la hora de fijar los estándares:

- Involucrar a los ingenieros de software.
- Revisar y modificar los estándares periódicamente.
- Proveer herramientas de software que faciliten la aplicación de los estándares.

Simmons [6] resalta que el aseguramiento de la calidad, frecuentemente no es presupuestado ni planificado en el proceso de desarrollo, y sólo es visto como una función administrativa.

La norma ISO 9000 [11] sugiere dos vías para desarrollar el aseguramiento de la calidad:

- Comprobando el producto o servicio de acuerdo con los estándares prescritos, para establecer su capacidad para satisfacerlos.

- Evaluando a la organización que suministra los productos o servicios de acuerdo con los estándares prescritos, para establecer su capacidad de fabricar productos de acuerdo con un determinado estándar.

Por otro lado, se pueden aplicar dos técnicas para realizar el aseguramiento de la calidad [12]. La técnica de caja negra, la cual verifica si el software cumple o no con los requisitos, mediante la prueba de aplicaciones finalizadas o versiones parciales (ejecutables) del producto final. La técnica de caja blanca se aplica a los componentes que forman la unidad que se está probando. Esta última técnica requiere que el ingeniero piense en la estructura, forma y propósito del artefacto que está examinando.

La norma ISO 9000 [11] también propone una serie de pasos para realizar el aseguramiento de la calidad:

1. Obtener los documentos que declaran los planes de la organización para conseguir la calidad.
2. Realizar el plan de aseguramiento de la calidad.
3. Establecer si el producto o servicio propuesto por la organización posee las características que satisfacen las necesidades del cliente.
4. Valorar las operaciones, productos y servicios de la organización y determinar dónde están y cuáles son los riesgos de la calidad.
5. Establecer si los planes de la organización contienen medidas adecuadas para el control, eliminación o reducción de los riesgos identificados.
6. Determinar el grado con que los planes de la organización se están implementando y evitar los riesgos.
7. Establecer si el producto o servicio que se está suministrando tiene las características prescritas.

Entre las tareas que debe realizar el equipo de aseguramiento de la calidad se incluyen [12]:

- Desarrollar y/o revisar los planes y estándares de la gestión de configuración.
- Revisar que el proceso cumpla las políticas de la organización.
- Desarrollar y/o revisar las provisiones para las actividades de aseguramiento de la calidad.
- Revisar, inspeccionar y probar los componentes, productos de trabajo generados y el producto final.

Algunas técnicas para desarrollar el aseguramiento de la calidad son las Auditorías, Planificación, Análisis, Inspecciones y Pruebas [11, 12].

Simmons describe el perfil del personal encargado del aseguramiento de la calidad: un profesional competente que tiene experiencia en el diseño, desarrollo, codificación y prueba de sistemas de software y que además tiene un amplio entrenamiento en aseguramiento de la calidad [7]. No obstante lo anterior, se debe tener presente que la calidad es responsabilidad de cada

miembro individual del equipo de desarrollo, pero también es una responsabilidad del equipo como un todo [13].

La tarea de informar de los fallos detectados es un trabajo técnico, administrativo y diplomático. Braude [12] lo explica de la siguiente manera: "*es diplomático porque los desarrolladores no quieren oír que pueden equivocarse; es administrativo porque los defectos consistentes deben rastrearse para determinar la responsabilidad entre quienes contribuyen; es técnico porque aislar las causas de un defecto puede ser complejo*".

El personal a cargo del aseguramiento de la calidad debe garantizar que se usa un proceso sólido y que la documentación está actualizada [12].

El aseguramiento de la calidad no controla la calidad, sino que establece el grado con el que la calidad será, está siendo o ha sido controlada [11].

2.4.4. *Mejora de la Calidad*

La norma ISO 9000 [11] define la actividad de mejora de la calidad, como cualquier cosa que dé lugar a un cambio beneficioso en la consecución de la calidad.

Esta mejora se puede lograr mediante dos formas básicas: mejorar los controles de calidad realizados; o elevar los estándares aplicados.

Los pasos para realizar la mejora de la calidad consideran [11]:

1. Determinar el objetivo que se desea conseguir, es decir, las razones del cambio.
2. Determinar las políticas necesarias para mejorar.
3. Realizar un estudio de viabilidad
4. Elaborar los planes de mejora.
5. Organizar los recursos.
6. Investigar, analizar y diseñar para definir posibles soluciones y alternativas.
7. Modelar y desarrollar la mejor solución y verificar que se cumple el objetivo.
8. Identificar y superar las resistencias al cambio en los estándares.
9. Implementar el cambio.
10. Colocar los controles para mantener el nuevo nivel de funcionamiento.

2.4.5. *Verificación y Validación del Software*

Los procesos de la Gestión de Calidad están fuertemente relacionados con los de la Verificación y Validación [4], dado que éstos últimos son los que permiten certificar o comprobar la calidad de los productos de trabajo en términos de la satisfacción de las necesidades del cliente y de las especificaciones para cada producto o componente desarrollado.

La verificación comprueba que un producto satisface los requisitos especificados durante las actividades previas desarrolladas correctamente a través del ciclo de vida. La validación confirma que el sistema satisface los requisitos del cliente al final del ciclo de vida [52].

El propósito de la Verificación es asegurar que los productos de trabajo seleccionados satisfacen sus requisitos especificados [4, 38]. Es un proceso incremental que se desarrolla a través de todo el ciclo de vida [4]. Incluye procedimientos sistemáticos de revisión, análisis y pruebas. Asegura la calidad de la producción y mantenimiento del software [52].

Según el estándar ISO/IEC 12207:2008 [38], cuando se implementa exitosamente los procesos de verificación, se obtienen los siguientes resultados:

- Se desarrolla e implementa una estrategia de verificación.
- Se identifican los criterios de verificación de los productos requeridos.
- Se realizan las actividades de verificación requeridas.
- Se identifican y registran los defectos.
- Los resultados de las actividades de verificación son puestos a disposición de los clientes y de otras partes involucradas.

El concepto de verificación incluye dos criterios fundamentales: el software debe realizar de manera adecuada y correcta todas las funciones previstas; y no debe realizar ninguna función que por sí sola, o en combinación con otras pueda degradar el rendimiento del sistema [52].

El Modelo CMMI-ACQ [1] define el área de proceso AVER (Acquisition Verification) con los objetivos y prácticas específicas que se muestran en la Tabla 2- 14.

Tabla 2- 14.- Objetivos y Prácticas Específicas de la Verificación, según el modelo CMMI-ACQ

Objetivos	Prácticas
Preparar la Verificación	Seleccionar los productos de trabajo que serán verificados.
	Establecer el entorno de verificación.
	Establecer los procedimientos y criterios de verificación.
Realizar la revisión entre pares	Preparar la revisión entre pares.
	Conducir la revisión entre pares.
	Analizar los datos de la revisión entre pares.
Verificar los productos de trabajo seleccionados	Realizar la verificación.
	Analizar los resultados de la verificación

El estándar ISO/IEC 12207:2008 [38] también define un conjunto de actividades a desarrollar como parte del proceso de Verificación, que se muestran en la Tabla 2- 15.

Tabla 2- 15.- Actividades de Verificación recomendadas por el estándar ISO/IEC 12207:2008

Proceso	Actividades
Implementación de Procesos	Decidir si se garantizará el esfuerzo de verificación y qué grado de independencia tendrá este esfuerzo.
	Establecer el proceso de verificación.
	Si la verificación se desarrollará de manera independiente, seleccionar la organización responsable de realizarla.
	Determinar las actividades y productos que serán verificados.
	Planificar y documentar la verificación.
	Implementar el plan de verificación.
Verificar	Verificar los requisitos.
	Verificar el diseño.
	Verificar el código.
	Verificar la integración.
	Verificar la documentación.

Un aspecto crítico de la verificación es que incrementa considerablemente los costos de desarrollo del software, sin embargo reduce en una proporción de 4 a 1 los defectos en el software instalado [52].

La validación tiene como propósito demostrar que el producto desarrollado o adquirido satisface su uso previsto cuando es localizado en el entorno previsto [4]. Esto es, que el producto o servicio satisface las necesidades de los interesados y los requisitos del cliente, y asegura que el sistema ejecutable se desempeña como fue especificado [52].

Según el estándar ISO/IEC 12207:2008, cuando el proceso de validación es implementado exitosamente, se obtienen los siguientes resultados [38]:

- Se desarrolla e implementa una estrategia de validación.
- Se identifican los criterios de validación de los productos requeridos.
- Se realizan las actividades de validación requeridas.
- Se identifican y registran los problemas.
- Se proveen evidencias que los productos están siendo desarrollados para su uso previsto.
- Se ponen a disposición de los clientes y otras partes involucradas los resultados de las actividades de validación.

El Modelo CMMI-ACQ [1] define el área de proceso AVAL (Acquisition Validation) con los objetivos y prácticas específicas que se muestran en la Tabla 2- 16.

Tabla 2- 16.- Objetivos y Prácticas Específicas de la Validación, según el modelo CMMI-ACQ

Objetivos	Prácticas
Preparar la Validación	Seleccionar los productos de trabajo que serán validados.
	Establecer el entorno de validación.
	Establecer los procedimientos y criterios de validación.
Validar los productos de trabajo seleccionados	Realizar la validación.
	Analizar los resultados de la validación.

El estándar ISO/IEC 12207:2008 [38] también define un conjunto de actividades a desarrollar como parte del proceso de Validación, que se muestran en la Tabla 2- 17.

Tabla 2- 17.- Actividades de Verificación recomendadas por el estándar ISO/IEC 12207:2008

Proceso	Actividades
Implementación de Procesos	Decidir si se garantizará el esfuerzo de validación y qué grado de independencia tendrá este esfuerzo.
	Establecer el proceso de validación.
	Si la validación se desarrollará de manera independiente, seleccionar la organización responsable de realizarla.
	Planificar y documentar la validación.
	Implementar el plan de validación.
Validación	Preparar los requisitos de las pruebas seleccionadas, casos de pruebas, especificación de pruebas para analizar los resultados de las pruebas.
	Asegurar que esos requisitos de pruebas, casos de prueba y especificaciones reflejan los requisitos particulares para el uso específico previsto.
	Realizar las pruebas.
	Validar que el producto de software satisface su uso previsto.
	Probar el producto según proceda, en distintas áreas del entorno de destino.

2.5. CALIDAD DESDE LA VISIÓN DEL CLIENTE

La calidad puede definirse de distintas formas, según la perspectiva que se quiera resaltar. Desde la visión del cliente que adquiere un producto de software, el producto es de calidad si hace lo que el cliente necesita, es decir, si "se ajusta a su uso" [52].

El modelo CMMI-ACQ presenta una serie de buenas prácticas visualizadas desde la perspectiva del cliente [1]. Este modelo se divide en veintidós áreas de proceso, agrupadas en cuatro categorías: Procesos del Proyecto; Procesos Organizacionales; Procesos de Soporte; y Procesos de Alta Madurez. Entre estas áreas se encuentra el Aseguramiento de la Calidad del Proceso y del Producto (PPQA Process and Product Quality Assuranse), correspondiente a la categoría de soporte.

El área de PPQA incorpora prácticas que permiten la adquisición de productos de alta calidad [1]. Como todos los modelos basados en CMMI, CMMI-ACQ se organiza en torno a áreas de procesos que definen Metas Específicas, las cuales a su vez incorporan Prácticas Específicas que proporcionan ejemplos de productos de trabajo típicos, ejemplos de productos entregables por parte del proveedor. Además, estas prácticas pueden contener subprácticas.

Según el modelo [4], PPQA involucra actividades para:

- Evaluar objetivamente los procesos, productos de trabajo y servicios, frente a descripciones de procesos, estándares y procedimientos aplicables.

- Identificar y documentar las no conformidades.
- Proveer realimentación al equipo de proyecto y a la Dirección sobre los resultados de las actividades de aseguramiento de calidad.
- Asegurar que las no conformidades se abordan.

La Tabla 2- 18 muestra un resumen del área de proceso PPQA.

Tabla 2- 18.- Área de Proceso PPQA

Meta Específica	Práctica Específica	Descripción
Evaluar Objetivamente los Procesos y Productos de Trabajo	Evaluar Objetivamente los Procesos	El cliente evalúa la ejecución de los procesos incluyendo interacciones con el proveedor, y revisa los informes provistos por el proveedor para determinar si éste ha seguido sus procesos.
	Evaluar Objetivamente los Productos de Trabajo y Servicios	El cliente usa criterios de aceptación objetivos para evaluar los entregables del proveedor en todo el ciclo de vida del proyecto.
Proveer un entendimiento profundo	Comunicar y asegurar la resolución de las no conformidades	Las no conformidades son problemas identificados en las evaluaciones que reflejan una diferencia con los procesos, estándares y procedimientos definidos.
	Establecer Registros	Se registran las actividades del aseguramiento de la calidad.

En relación a las prácticas mencionadas, Hofmann et al. [53] recomiendan:

- Mantener siempre la atención en todos los parámetros del proyecto, y usarlos colectivamente para soportar la toma de decisiones.
- Comunicar continuamente la intención y consecuencias del aseguramiento de la calidad al cliente y al personal proveedor.
- Definir previamente, al comienzo del proyecto, las acciones correctivas decisivas que se desarrollarán.
- No dejar que las acciones correctivas causen proliferación de mediciones.
- Usar las acciones correctivas para gestionar el proyecto como un todo, nunca para castigar individuos o proveedores.

A la hora de aceptar el producto, el cliente debe asegurar que todos los criterios de aceptación definidos en el inicio del proyecto, han sido satisfechos y que se han corregido todas las discrepancias.

Cuando se acuerda el contrato con el proveedor, se deben incluir ciertos aspectos relacionados con el aseguramiento de la calidad [4], entre los que se encuentran:

- Criterios de aceptación que deben ser satisfechos por el proveedor.
- Mecanismos y entregables que provean datos suficientes para permitir que el comprador evalúe y analice los productos adquiridos.
- Estándares y procedimientos a seguir.

- Métodos de análisis y criterios de aceptación para los entregables del proveedor designados.
- Tipos de revisiones a ser desarrolladas con el proveedor.

La organización que adquiere un producto software debe establecer e implementar las actividades necesarias para asegurarse que el producto adquirido cumple con los requisitos de compra especificados [49].

2.6. CALIDAD DESDE LA VISIÓN DEL PROVEEDOR

Como se ha mencionado previamente, la calidad puede definirse desde distintos puntos de vista. Considerando la perspectiva del equipo desarrollador del producto software, dicho producto es de calidad si satisface los requisitos [52]. Bajo esta definición, para determinar si un producto es de calidad, se requiere que los requisitos del software sean medibles.

Según la norma ISO 9000 [11], el proveedor debería alcanzar ciertas metas de calidad, entendiendo por tal, tareas a realizar para conseguir la calidad. Entre estas se incluyen:

- Establecer las necesidades de sus clientes.
- Diseñar un producto o servicio cuyas características reflejen las necesidades del cliente.
- Construir un producto o servicio que reproduzca fielmente el diseño que conviene a las necesidades del cliente.
- Verificar, antes de entregar el producto, que éste posee las funciones requeridas para satisfacer las necesidades del cliente.
- Impedir el suministro (entrega al cliente) de productos que posean funciones que dejen a los clientes insatisfechos.
- Descubrir y eliminar las características no deseadas en el producto, aunque posea las funciones requeridas.
- Encontrar soluciones menos caras para las necesidades del cliente, cuando el producto que satisface al cliente tenga un coste demasiado elevado.
- Hacer las operaciones más efectivas y eficientes para reducir costes.
- Descubrir qué complacerá al cliente y proporcionárselo.
- Establecer y mantener un sistema de Gestión que permita lograr estas metas de manera segura, repetida y económicamente.

La norma ISO 9000 [11] identifica tres dimensiones de la calidad, que el proveedor debería tener en consideración:

- ***Calidad del Negocio***. Grado con que el negocio sirve a las necesidades de la sociedad.
- ***Calidad del Producto***. Grado con que los productos o servicios cumplen las necesidades de los clientes específicos.
- ***Calidad de la Organización***. Grado con que la organización maximiza su eficiencia y efectividad.

El deterioro de cualquiera de estas tres dimensiones, genera el deterioro de las otras. Puede que este daño no sea inmediato, pero con el tiempo se hace evidente.

Durante el desarrollo de los proyectos, se deben aplicar revisiones, con la participación de un conjunto de tres o cuatro revisores que se encargan de analizar los procesos y productos teniendo a la vista los estándares definidos o seleccionados, en búsqueda de errores e inconsistencias, las cuales son informadas a los responsables de cada proceso o producto analizado, para la realización de los ajustes necesarios. La Figura 2. 16 muestra un esquema del funcionamiento de las revisiones.

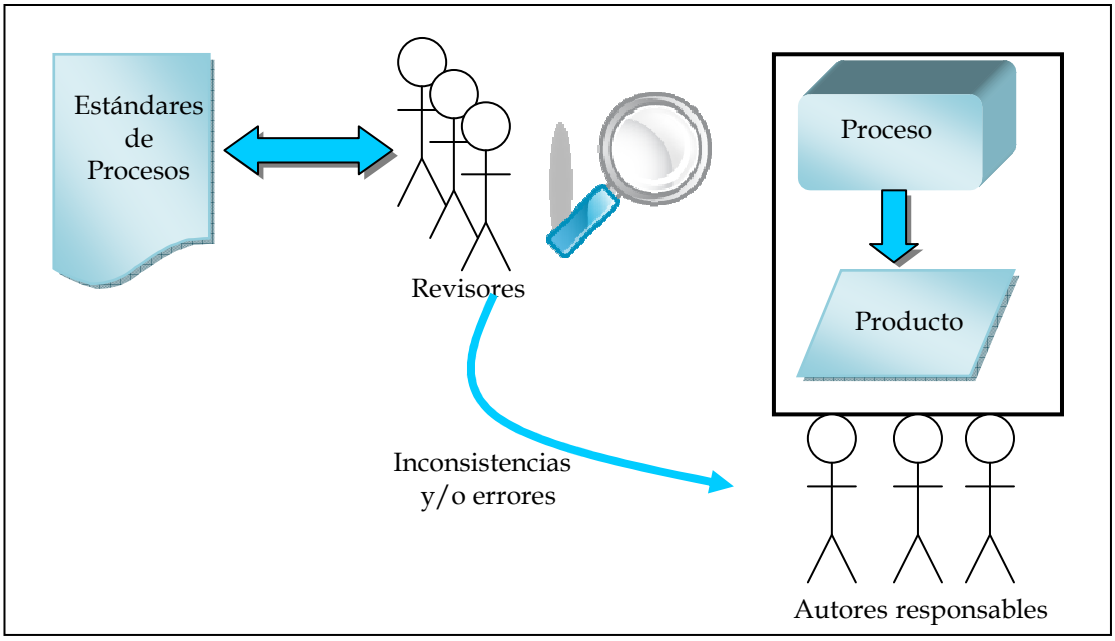

Figura 2. 16.- Revisiones de los productos y procesos

Una revisión de calidad es un procedimiento estructurado y organizado, diseñado para valorar si un producto se ajusta a su propósito o está conforme a sus requisitos [8].

Al aplicar revisiones, se obtienen como beneficios [8]: identificación temprana de defectos en los productos; se provee una medida objetiva para el control del progreso; provee una oportunidad para que todos los que tienen interés en la calidad del producto puedan trabajar juntos; y si los usuarios han participado en las revisiones, estarán más dispuestos a aceptar y comprometerse con el producto.

Existen tres tipos de revisiones [17]:

- ***Inspecciones***, que se enfocan sobre los requisitos, diseño y código. Este tipo de revisiones usualmente se basa en la aplicación de listas de comprobación.
- ***Revisiones de progreso***, que se enfocan sobre el proceso y el producto. Su objetivo es revisar los costes, planes y calendario.

- ***Revisiones de calidad***, las cuales buscan diferencias entre la especificación, el diseño, el código y la documentación, para asegurar que se siguen los estándares de calidad definidos. Se realiza un análisis técnico de los componentes del producto y de la documentación.

Una inspección es una técnica de aseguramiento de la calidad, del tipo caja blanca. A la hora de realizar las inspecciones se deben tener en cuenta cuatro principios [12]:

- La inspección sólo detecta defectos, no los repara. La responsabilidad de reparación recae en el autor del artefacto bajo inspección.
- La inspección es un proceso entre iguales, no debe existir una relación supervisor-subordinado entre los revisores y los autores. El énfasis de la inspección debe estar sobre el trabajo en proceso, no sobre el rendimiento del autor.
- Existe un conjunto de roles entre los participantes de la inspección. Dependiendo del tamaño del equipo de desarrollo y la organización, una misma persona puede desempeñar más de un rol, excepto el autor. Existen también roles opcionales. La Tabla 2- 19 muestra los roles recomendados [12].

Tabla 2- 19.- Roles participantes en las Inspecciones

Tipo	Rol	Descripción
Obligatorio	Moderador	Coordinador de la inspección.
	Autor	Creador del componente bajo inspección.
	Lector	Conductor de la sesión de inspección.
	Secretario	Registra los defectos detectados.
Opcional	Inspector especializado	Inspector de un criterio específico, por ejemplo, seguridad.
	Inspector Especializado en el dominio de aplicación	Experto en el área de aplicación del artefacto en revisión.

- Los integrantes del equipo de inspección deben realizar una ardua preparación antes de las sesiones.

La preparación y realización de las inspecciones debe considerar [12]:

- Incorporar en el plan de proyecto, la planificación y los recursos para la inspección.
- Preparar la recolección de datos (métricas a utilizar, formularios a rellenar, medio y tipo de almacenamiento).
- Asignar los roles a cada participante (el ideal es contar con tres participantes).
- Asegurar que cada participante se prepara de manera adecuada.

2.7. CRITERIOS DE CALIDAD PARA LOS PRODUCTOS

En las etapas iniciales del ciclo de vida de la adquisición, se deben especificar los atributos de calidad que debe satisfacer el producto a desarrollar, dado que mediante esta especificación se puede comunicar a otros (por ejemplo, al equipo desarrollador) bajo qué atributos y valores de cada uno de ellos se considerará que el producto final es de calidad. Lo anterior significa que es necesario documentar los atributos de calidad del producto y asignarle a cada uno de ellos un valor o rango de valores aceptables [34]. Dicha especificación o definición de los atributos de calidad debe ser expresada cuantitativamente [34].

Para la implementación de un producto, se seleccionan los atributos más significativos para los usuarios, se le asignan valores de acuerdo a las necesidades de los mismos usuarios, y entonces se evalúa o mide la calidad del producto o el grado de satisfacción del criterio [34].

Las técnicas de comprobación de la calidad de los productos, se pueden dividir en dos conjuntos [8]:

- Métodos objetivos, donde después de su aplicación se puede obtener como resultado un "Si" o un "No" a la pregunta de si el producto es de calidad. Ejemplos de este tipo de técnicas son los medidores, pruebas y listas de comprobación.
- Métodos subjetivos, donde el criterio involucra juicios u opinión. Estos métodos se utilizan para validar aspectos como la usabilidad del producto, y la conformidad con la estrategia del negocio.

Como se ha mencionado en secciones anteriores, el aseguramiento de la calidad define el marco de trabajo para lograr la calidad en el desarrollo de productos software, lo cual se consigue mediante la definición o selección de estándares aplicables tanto al proceso como al producto [17].

A continuación se presentan algunas consideraciones para algunos productos específicos generados en distintas etapas del proceso.

2.7.1. *Calidad de la documentación*

El estándar ISO/IEC 12207:2008 [38] recomienda para la validación de la documentación, los siguientes criterios:

- La documentación es adecuada, completa y consistente.
- La preparación de la documentación se realiza a tiempo.
- La gestión de configuración de los documentos sigue procedimientos especificados.

Entre los estándares a aplicar a los productos se encuentran [17]: Estándares de documentos, Estándares de documentación, y Estándares de codificación.

Los estándares de documentación incluyen [17]:

- Estándar del proceso de documentación, es decir, la definición de los pasos a seguir para producir un documento.
- Estándar del documento, el cual define la estructura y presentación de los documentos.
- Estándar de intercambio de documentos, cuyo objetivo es asegurar que todas las copias electrónicas sean compatibles.

Algunos ejemplos de artefactos que ayudan a estandarizar los productos son [17]:

- Formulario para revisión del diseño.
- Estructura de la especificación de requisitos de software.
- Definición del estilo de programación.
- Formato del plan de proyecto.
- Formulario de petición de cambios.

2.7.2. *Calidad de los Requisitos*

Un error común en organizaciones desarrolladoras de software de tamaño mediano y pequeño, es incorporar las actividades de aseguramiento de la calidad, después de haber determinado los requisitos. El problema de esta estrategia es que el personal de aseguramiento de la calidad, no cuenta con requisitos adecuados contra los cuales verificar si la aplicación o sus componentes están bien desarrollados [12].

El estándar ISO/IEC 12207:2008 [38] recomienda para la validación de los requisitos, los siguientes criterios:

- Los requisitos del sistema son coherentes, factibles y verificables.
- Los requisitos del sistema han sido asignados adecuadamente a los elementos de hardware, elementos software y manual de operaciones de acuerdo a los criterios de diseño.
- Los requisitos de software son coherentes, factibles, comprobables y reflejan con precisión los requisitos de sistema.
- Los requisitos de software relacionados con la seguridad y criticidad son correctos como lo demuestran adecuadamente métodos rigurosos.

El aseguramiento de la calidad de los requisitos debería incorporar medidas para determinar [12]:

- Cómo de bien están escritos los requisitos.
- Efectividad de la inspección de requisitos.
- Efectividad del proceso de análisis de requisitos.
- Grado de completitud de cada requisito.

Se sugiere el uso de una tabla [12], cuyas filas representen cada requisito, y las columnas las características deseadas en cada uno de ellos. En las intersecciones irían los comentarios o resultados del análisis de una característica particular, para un requisito particular. Las columnas podrían ser:

- Trazable hacia atrás (relación del requisito con activos previamente desarrollados).
- Completo.
- Consistente.
- Factible.
- No ambiguo.
- Claro.
- Preciso.
- Modificable.
- Comprobable.
- Trazable hacia adelante (relación del requisito con activos desarrollados con posterioridad).

También, antes de formalizar el compromiso entre la organización que adquiere el producto de software y el proveedor, se deben revisar los requisitos para asegurarse que [49]:

- Están definidos los requisitos del producto.
- Se han resuelto las diferencias entre los requisitos del contrato y los expresados previamente.
- El proveedor tiene la capacidad de cumplir los requisitos pedidos.

2.7.3. *Calidad de la arquitectura o diseño de alto nivel*

Además de revisar la arquitectura, el personal de aseguramiento de la calidad debe desarrollar los planes de prueba de cada componente de la misma [12].

Se debe asegurar que la elección de la arquitectura, se realice después de analizar varias alternativas. Para comparar la calidad de estas arquitecturas alternativas, se sugiere ponderar los atributos requeridos, y asignar un calificador a cada arquitectura candidata. Se sugiere el uso de una tabla [12], donde cada columna representa una arquitectura posible, y cada fila contenga los atributos deseados. Las entradas de la tabla almacenan el calificador de un atributo particular, para una arquitectura candidata dada. Las filas serían:

- Extensión.
- Cambio.
- Sencillez.
- Rapidez.
- Almacenamiento.

Las métricas aplicables al diseño incluyen [12]:
- Número de entradas y salidas de cada módulo o paquete.
- Complejidad de la arquitectura (en base a teoría de grafos).
- Complejidad del flujo de información o datos.

2.7.4. *Calidad del diseño detallado*

El estándar ISO/IEC 12207:2008 [38] recomienda para la validación del diseño, los siguientes criterios:
- El diseño es correcto y coherente con la trazabilidad de los requisitos.
- El diseño implementa la secuencia correcta de eventos, entradas, salidas, interfaces, flujo lógico, asignación del calendario y costes, y definición, aislamiento y recuperación de errores.
- El diseño seleccionado puede ser derivado a partir de los requisitos.
- El diseño implementa correctamente la seguridad y otros requisitos críticos y es demostrable a través de métodos rigurosos.

La inspección del diseño debe incorporar [12]:
- Preparar el registro de métricas.
- Asegurar que cada módulo de la arquitectura se expande.
- Asegurar que cada detalle es parte de la arquitectura.
- Asegurar que el diseño cumple las funciones requeridas.
- Asegurar que el diseño está completo.
- Asegurar que el diseño se puede probar.
- Verificar que el diseño sea sencillo, general, expandible, eficiente y portátil (usualmente se deben realizar negociaciones entre éstos).
- Asegurar que se proporcionan todos los detalles.

2.7.5. *Calidad del Código*

Braude [12] define un código de calidad como aquél que cumple con las siguientes afirmaciones:
- Satisface los requisitos establecidos.
- Verifica sus entradas y reacciona de manera predecible ante entradas ilegales.
- Ha sido inspeccionado íntegramente por ingenieros que no son los autores.
- Ha sido probado en varias formas independientes, de manera exhaustiva.
- Está bien documentado.
- Posee una tasa de defectos confiable y conocida.

A la hora de inspeccionar código, se sugiere determinar:
- Si el código es consistente con el diseño.
- Si el código supone sólo las precondiciones establecidas.
- Si el código produce todas las post-condiciones.

- Si todos los ciclos tienen una finalización.
- Si se respetaron los estándares de notación.
- Si se verificó exhaustivamente cada línea de código.
- Si el código considera parámetros ilegales.
- Si el código retorna los tipos de datos correctos.
- Si el código está bien comentado.

Las sugerencias anteriores son una adaptación de la propuesta presentada por Braude [12].

El estándar ISO/IEC 12207:2008 [38] recomienda para la validación del diseño, los siguientes criterios:

- El código es trazable al diseño y requisitos, es comprobable, correcto y cumple con los requisitos y estándares de documentación.
- El código implementa la secuencia correcta de eventos, interfaces consistentes, datos correctos y control de flujo, una apropiada asignación del calendario y de costes, y la definición, aislamiento y recuperación de errores.
- El código seleccionado puede ser derivado desde el diseño o los requisitos.
- El código implementa correctamente la seguridad y otros requisitos críticos y es demostrable a través de métodos rigurosos.

Las métricas para el código fuente consideran entre otras [12]:

- Cantidad de líneas de código.
- Longitud estimada del programa (Halstead).
- Dificultad del programa (Halstead).
- Complejidad ciclomática.

A la hora de inspeccionar el código, se debe informar de los siguientes tipos de errores [12]:

- Problemas de lógica.
- Problemas de cálculo.
- Problemas de interfaz.
- Problemas de manejo de datos.
- Cumplimiento de estándares de codificación.
- Documentación.

2.8. CRITERIOS DE CALIDAD PARA EL PROCESO

La calidad de los productos implementados tiene relación directa con la calidad del proceso utilizado [4]. Cada cosa que ocurra en el proyecto durante el desarrollo, afecta a algún atributo del producto y, por lo tanto, a la calidad total del producto [34].

La afirmación anterior se ha determinado por medios cualitativos. Por experiencia, se sabe que organizaciones que implementan un proceso disciplinado tienden a tener mejores resultados y más consistentes. Sin embargo, la relación entre la calidad del proceso, los métodos seleccionados para el desarrollo del producto, y la calidad del código liberado nunca ha sido establecida de manera cuantitativa [34].

Uno de los problemas que dificultan la conexión entre la calidad del proceso y la del producto es la complejidad para definir, y posteriormente medir, la calidad del proceso [34].

Los procesos, actividades y tareas deberían planificarse y realizarse usando un modelo de ciclo de vida apropiado para la naturaleza de un proyecto software, considerando el tamaño, la complejidad, la seguridad, los riesgos y la integridad [49].

Como se ha mencionado anteriormente, la calidad está fuertemente ligada con las métricas [12]. Estas métricas sirven para medir la efectividad del proceso de la organización. Se pueden medir por separado la efectividad del análisis, del diseño, de la codificación y de las pruebas de los requisitos [12]. Para recolectar métricas del proceso, se recomienda:

- Identificar y definir las métricas a aplicar, para cada etapa del proceso.
- Documentar lo anterior.
- Acumular datos históricos.
- Decidir dónde se colocarán los datos de las mediciones.
- Designar quién administrará la recolección de datos por cada etapa.
- Programar revisiones de los datos recolectados, para aprender de la experiencia.

Los valores resultantes de la aplicación de las métricas, por si solos no sirven para evaluar la calidad del proceso. Estos números deben contrastarse con las normas y estándares establecidos en la organización [12]. Baker y Fisher [34] indican que implementar y ejecutar estándares de procesos organizacionales, no garantiza productos de alta calidad.

Además del uso mencionado de las métricas, según Sommerville [17], la utilidad de los estándares para los procesos de software radica en los siguientes aspectos:

- Proveen mejores prácticas y capturan el conocimiento de la organización.
- Proveen un marco de trabajo que permite implementar el aseguramiento de la calidad.
- Facilitan la continuidad y reasignación de tareas, es decir, la responsabilidad de una tarea puede cambiar de un integrante del equipo a otro, sin generar retrasos ni problemas, dado que todos en la organización realizan las tareas de la misma forma.

Entre los estándares aplicables a los procesos, se encuentran [17]:
- Definiciones de procesos.
- Descripción de los documentos que debe generar cada proceso.

La Figura 2. 17 muestra la relación existente entre los estándares de proceso y los de producto. En ella, se observa que los productos son generados por los procesos de software, a los cuales se les aplican estándares de proceso, que aseguran la aplicación de estándares del producto durante su desarrollo.

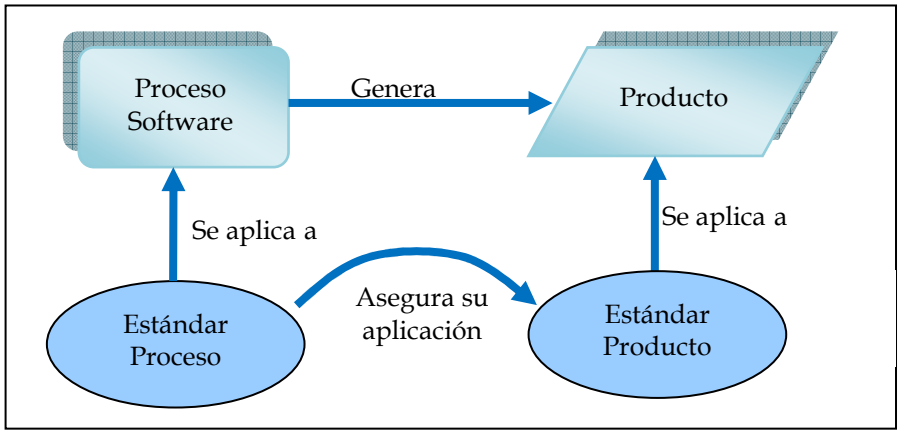

Figura 2. 17.- Relación entre los estándares de proceso y producto

Algunos ejemplos de estándares para los procesos incluyen [17]:
- Proceso de entrega de las versiones del producto software.
- Proceso de aprobación del plan de proyecto.
- Proceso de control de cambios.
- Proceso de registro de las pruebas.

La gestión de calidad de los procesos comprende [17]:
- Definir los estándares de proceso.
- Supervisar el proceso de desarrollo.
- Informar sobre el proceso a la dirección del proyecto.

Este último punto, si es visto desde la perspectiva del proveedor en un proyecto de adquisición, significa que los desarrolladores informan a la dirección del equipo de proyecto. Si se mira desde la perspectiva del cliente, significa que el proveedor debe informar al cliente sobre el desarrollo del proceso.

La alta calidad de los productos generalmente es el resultado del desarrollo avanzado del software. Por lo tanto, las acciones de mejora deben ser seleccionadas sobre la base del conocimiento de las dependencias entre los atributos de calidad del producto de software y el proceso de desarrollo del mismo [54].

Para asegurar la calidad del proceso, se debe asegurar la calidad de cada una de sus etapas. A continuación, se incluyen algunas consideraciones específicas para cada etapa del proceso de desarrollo.

2.8.1. *Calidad en la etapa de Diseño y Desarrollo*

La norma ISO 9001:2000 [49] define que la planificación de las etapas de diseño y desarrollo deben determinar cuáles serán las etapas a realizar; la revisión, verificación y validación apropiadas para cada una de las etapas; y las responsabilidades y autoridades para el diseño y desarrollo.

Los resultados de las etapas de Diseño y Desarrollo deben estar conformes a [49]:

- Cumplir los requisitos de las entradas (requisitos funcionales, de rendimiento, legales, entre otros).
- Proporcionar información apropiada para la compra, producción y prestación de servicio.
- Contener o referenciar los criterios de aceptación del producto.
- Especificar las características del producto que son esenciales para su uso seguro y correcto.

Cualquier cambio durante el Diseño y Desarrollo debe ser identificado y registrado. Los cambios deben verificarse y validarse, y requieren de aprobación antes de su implementación. Se debe tener presente los posible efectos colaterales que los cambios pueden provocar en otros componentes del sistema [49].

2.8.2. *Calidad en la etapa de integración*

Esta es la etapa que requiere de mayor participación del equipo de aseguramiento de la calidad.

Cuando se realiza la integración de los distintos componentes desarrollados, que conformarán el producto de software final, se deben considerar, entre otras, las siguientes métricas [12]:

- Densidad de fallos. Corresponde al cociente entre el número de fallos distintos encontrados durante las pruebas, y el número de líneas de código.
- Densidad de defectos. Corresponde al cociente entre el número de fallos distintos encontradas por inspección, y el número de líneas de código.
- Cobertura de pruebas de defectos. Corresponde al cociente entre el número de requisitos funcionales probados, y el número total de requisitos.
- Índice de madurez del software. Esta métrica es un indicador de la estabilidad de un producto software. A medida que el índice se aproxima a 1, el producto comienza a estabilizarse y, por lo tanto, requerirá menos esfuerzo para su mantenimiento.

- Nivel de pureza del software. Es una estimación de la falta de fallos en el programa durante las etapas operativas.
- Tiempo medio entre fallos. Se mide registrando el tiempo transcurrido entre dos fallos consecutivos observados y calculando el promedio de estos tiempos.

El estándar ISO/IEC 12207:2008 [38] recomienda para la validación de la integración, los siguientes criterios:

- Los componentes de software y unidades de cada elemento del software han sido integrados completa y correctamente en el sistema.
- Las tareas de integración han sido desarrolladas de acuerdo con el plan de integración.

2.9. CONCLUSIONES

El estudio del estado del arte desarrollado, comenzó con un análisis de distintos conceptos relevantes para la adquisición del software. Entre estos conceptos se incluyeron los tipos de proyectos de adquisición, en base a diversos criterios de clasificación. Lo anterior permitió definir el alcance de la metodología propuesta, identificando el tipo de proyectos de adquisición que serán abarcados por MACAD-PP.

También se estudiaron distintos modelos del ciclo de vida de la adquisición del software y algunas propuestas de estándares y modelos relacionados con la adquisición. A partir de estos modelos fue posible definir las etapas de la metodología propuesta, e identificar las prácticas que debe incorporar la misma.

El estudio continuó con los conceptos asociados a la calidad del software, incluyendo definiciones, modelos y estándares, y otros aspectos relevantes. Se estudiaron las fases recomendadas para la gestión de calidad.

Después de analizados los distintos modelos, normas y estándares de calidad, se puede concluir que, en general, las buenas prácticas recomendadas por cada uno de ellos coinciden. Estas prácticas fueron incorporadas en MACAD–PP, por medio de una guía de tareas a desarrollar para implementar con éxito las recomendaciones dadas por los modelos.

Es importante mencionar que los modelos estudiados, no incorporan estrategias de cómo desarrollar o implementar las prácticas recomendadas. La aportación de de MACAD–PP radica precisamente en que propone una metodología que incorpora el cómo realizar estas prácticas, las cuales permiten la gestión de la calidad de los proyectos de adquisición de software.

El estudio de arte incorporó también algunos criterios de calidad que deben considerarse para algunos productos de trabajo en el desarrollo de software. De igual forma, se estudiaron algunos criterios de calidad para etapas del proceso de desarrollo. Estos criterios han sido utilizados para definir los artefactos y los activos de procesos que posee MACAD-PP (por ejemplo, listas de comprobación y catálogos de criterios de aceptación).

Se puede concluir después del estudio realizado, que efectivamente MACAD-PP será una aportación para las organizaciones que adquieren productos de software, en especial, las PYMES. La propuesta es un medio para que las organizaciones pequeñas, que no cuentan con personal especializado en calidad, puedan adoptar y adaptar las recomendaciones de modelos, reconocidos como importantes, pero que están enfocados más bien a grandes organizaciones.

CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA E HIPÓTESIS

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA E HIPÓTESIS

3.1. VISIÓN GENERAL DEL PROBLEMA

La externalización o adquisición de productos de software por parte de las organizaciones es una tendencia que se incrementa cada día más [1, 2]. Sin embargo, esta estrategia puede provocar algunos inconvenientes, como los mencionados por Svennberg [2], entre los que destaca el hecho de que la organización cliente pierde el control sobre el proceso de desarrollo de software, lo cual implica un alto riesgo para la finalización exitosa de un proyecto de adquisición.

Cada participante en un proyecto de adquisición tiene sus propios objetivos, lo que convierte en un gran desafío el conseguir optimizar el cumplimiento de estos objetivos que pueden llegar a ser contradictorios o solaparse unos con otros [2].

Existen una serie de problemas que provocan que un alto porcentaje de los proyectos de adquisición fallen [4, 9, 55]. Entre los motivos de estos fracasos se han identificado el bajo control por parte del cliente sobre los procesos y productos desarrollados [56]; y el poco involucramiento de los usuarios finales durante el desarrollo [6].

En cuanto a la calidad de los productos desarrollados, ésta falla debido a las metodologías de desarrollo y diseño de software aplicadas; a factores humanos; y a la falta de actividades que aseguren que los requisitos están bien definidos y que son trazables a través del diseño y del desarrollo [7]. En general, los proyectos que tienen resultados carentes de calidad se deben a la insuficiente atención puesta en la calidad al inicio del proyecto y durante su desarrollo [8].

Todos los problemas mencionados anteriormente, se deben a responsabilidades compartidas entre el cliente y el proveedor [4], (el proveedor no realiza las actividades de aseguramiento de la calidad necesarias, y el adquiriente no realiza los controles necesarios para evitar lo anterior). Esto implica que se requiere de alguna guía metodológica que integre la visión e intereses de todos los participantes, y que indique sus responsabilidades y tareas a realizar. Simmons [6] presenta un conjunto de tareas a desarrollar en distintas fases de la adquisición del software, pero no identifica en quién recae la responsabilidad de cada una de estas tareas.

Tal como se especifica en el Capítulo 2, existen diversos modelos y estándares (IEEE Std-1062 [15], SA-CMM [22], FAA-iCMM [57], ISO/IEC 12207:2008 [38], ISPL [24], eSCM [35, 58], Road to Successfull ITS Software Acquisition [26], CMMI-ACQ [1]) que tratan o están relacionados con los procesos de adquisición de software. Sin embargo, todos carecen de guías metodológicas

que ayuden a los interesados a llevar a cabo las buenas prácticas recomendadas. Es decir, indican el qué hacer, sin mostrar el cómo hacerlo. Otra carencia de estos modelos o propuestas, radica en que están orientados a grandes organizaciones o Agencias Gubernamentales, por lo cual requieren su adaptación a los procesos de adquisición de las PYMEs.

Cualquier propuesta que apoye la gestión de calidad sobre la adquisición de software, debe incorporar la relación entre los procesos desarrollados y los productos generados. La afirmación anterior, surge del hecho de que existe una estrecha relación entre el resultado obtenido (productos) y los procesos utilizados para su obtención [4, 13]. Cada evento que ocurre durante el proceso de desarrollo, afecta a algún atributo de calidad del producto [34]. Las acciones de mejora de cualquier proceso deben ser seleccionadas sobre la base de las relaciones entre los atributos de calidad del producto de software y el proceso de desarrollo del mismo [54].

La gestión de calidad debe basarse en la identificación y declaración explícita de las metas de calidad para la adquisición en desarrollo, integrando las actividades de aseguramiento en el plan de proyecto y documentando las metas y procedimientos asociados a la calidad [12].

En términos concretos, el problema a resolver mediante el desarrollo de la presente tesis doctoral es la carencia de una Metodología de Aseguramiento de la Calidad del Proceso y Producto en Adquisición, dirigida a las pequeñas y medianas empresas (PYMEs), que indique cómo llevar a cabo las buenas prácticas de los modelos existentes, incorporando la participación de todas las partes interesadas en el proyecto de adquisición (clientes, usuarios finales, desarrolladores e intermediarios).

También se plantea la generación de los activos del proceso de aseguramiento de la calidad en la adquisición, con objeto de dejar a disposición de toda la organización el conocimiento de las buenas prácticas, con sus técnicas y herramientas y situaciones de uso que han sido confirmadas por éxitos anteriores. Los activos irán acompañados de patrones que indiquen qué hacer y cómo hacerlo para asegurar la calidad de la adquisición.

3.2. PROCESO DE RESOLUCIÓN

Para la resolución del problema expuesto, se han tomado como base dos tipos de modelos analizados en el estado del arte (véase Capítulo 2):

a) Modelos y estándares relacionados con la adquisición del software.
b) Modelos y estándares relacionados con la gestión de calidad en el desarrollo del software.

Los modelos relacionados con la adquisición han servido para la determinación e identificación de las buenas prácticas que debe implementar la metodología

propuesta. También han servido para establecer la relación de las actividades de MACAD-PP con las etapas del ciclo de vida de la adquisición (en qué momento realizar cada tarea). Entre los modelos analizados destacan:

- CMMI-ACQ. Capability Maturity Models Integration for Acquisition [1].
- IEEE Std 1062 Recommended Practice for Software Acquisition [15].
- ISO/IEC Std 12207:2008 Systems and software engineering – Software life cycle processes [38].
- The Road to Successful ITS Software Acquisition [26].
- eSCM. The eSourcing Capability Model [35, 58]

Los modelos relacionados con la gestión de calidad han sido utilizados como base para la definición de las tareas de aseguramiento de la calidad a realizar y sus técnicas o métodos sugeridos. La mayoría de estos modelos están desarrollados desde la perspectiva del equipo desarrollador de software, por lo cual algunos métodos o técnicas serán adaptados a la perspectiva del cliente que adquiere el producto de software. Entre estos modelos destacan:

- Norma ISO 9126 Tecnología de la información – Evaluación de los productos de software – Características de calidad y directrices para su uso [48, 59].
- Norma ISO 9001:2000 Sistema de gestión de calidad - Requerimientos [49].
- Extended Quality Conceptual Framework [34].
- PRINCE2 [8].
- Project Management Body of Knowledge [50].

Los modelos de calidad también permitirán la identificación de los criterios de aceptación básicos que deben ser adaptados e instanciados según las características propias de cada proyecto de adquisición. Esto es, MACAD-PP incorporará un conjunto de criterios de aceptación básicos para distintos patrones de proyectos de adquisición. Éstos servirán como punto inicial para que el adquiriente defina qué criterios guiarán la aceptación del producto en adquisición.

También como parte del estudio del arte, se incorporaron diversos estudios y propuestas que identifican criterios de calidad para distintos productos de trabajo (intermedios y finales) y para las etapas del ciclo de vida de desarrollo de software [12, 17, 52]. Estos criterios servirán de base para la generación de los artefactos que soportarán la creación de los activos del proceso, por ejemplo, listas de comprobación o catálogos de criterios de calidad.

3.3. PLAN DE TRABAJO

Una vez finalizado el estudio del arte, identificados los modelos y estándares que servirán de base para la propuesta, se desarrollarán dos actividades para la consecución de los objetivos planteados en esta tesis. Las actividades son:

1. Definición de la metodología de aseguramiento de calidad para la adquisición del software y creación de los patrones genéricos de aplicación a las PYMES.
2. Validación de la propuesta mediante técnicas de diseño de experimentos para Ingeniería de Software.

La primera actividad comprende las siguientes sub actividades:

a) Seleccionar los patrones de proyectos (tipos de productos en adquisición y tipos de proyectos) que serán abarcados en la propuesta de la tesis.
b) Identificar los roles asociados en el proceso de aseguramiento de la calidad en un proyecto de adquisición de software.
c) Identificar las actividades que formarán parte de la metodología y su especificación (métodos y técnicas que permiten su desarrollo).
d) Trazar una matriz de responsabilidades que muestre la asignación de las actividades identificadas en el paso anterior entre los roles participantes.
e) Identificar y definir los criterios de calidad básicos del proceso, del producto y criterios de aceptación que serán el punto de partida para la selección y definición de los criterios propios de cada proyecto de adquisición.
f) Identificar y definir los productos de trabajo que deben ser generados en cada etapa de la metodología. Se crearán plantillas, listas de comprobación y catálogos que faciliten la creación de los activos del proceso de aseguramiento de la calidad.

En relación a la validación de la metodología, se aplicarán técnicas de diseño de experimentos, estrategia que ayuda en la evaluación y validación de los resultados de las investigaciones de la disciplina de Ingeniería de Software [60]. En el capítulo 5, donde se plantea la experimentación de MACAD-PP se presenta más detalle de la experimentación en Ingeniería de Software.

Dado que los resultados cualitativos deben ir acompañados de resultados cuantitativos, es imprescindible definir indicadores (variables para el diseño de experimentos) que permitan medir los resultados. Ejemplos de indicadores son:

- Errores encontrados en cada etapa del ciclo de vida de desarrollo.
- Tiempo dedicado a corrección de errores.
- Desviación en tiempo de los plazos planificados.

El conjunto final de indicadores serán determinados durante el desarrollo de la propuesta metodológica.

3.4. HIPÓTESIS DE TRABAJO

La propuesta del presente trabajo de investigación busca solucionar los problemas a los que se enfrentan las organizaciones que adquieren productos

de software, en relación al aseguramiento de la calidad de lo que se está adquiriendo. ¿Cómo asegurar, desde etapas tempranas del ciclo de vida de la adquisición, que finalmente se recibirá el producto correcto y que funcionará correctamente? La respuesta a esta interrogante es fundamental para evitar costes extras en la reelaboración de los productos o de los componentes adquiridos.

La metodología propuesta tiene como base la siguiente hipótesis principal:

"*La aplicación en las PYMEs de una metodología que incorpore actividades de revisión, verificación y validación sobre las tareas realizadas como parte del ciclo de vida de la adquisición de un producto software, y además sobre los productos de trabajo obtenidos en cada etapa de este ciclo, contribuye a asegurar la calidad del producto adquirido, considerando aspectos de cumplimiento de presupuesto, planificación temporal y estándares de calidad definidos en base a patrones de proyectos de adquisición*".

Lo anterior debe ser contrastado con un conjunto de hechos, que se deben tener en cuenta y deben ser incorporados en la propuesta final. La identificación de estos hechos resulta del desarrollo del estudio del arte realizado. Los aspectos que se deben considerar son los que a continuación se detallan.

- ***El incremento de la adquisición***. Como se ha mencionado anteriormente, en la actualidad existe una tendencia cada vez mayor en las organizaciones hacia la adquisición de productos de software [2, 4], esto es, la externalización del desarrollo de los mismos. La adquisición del software es parte de la estrategia utilizada por las organizaciones para transferir funciones secundarias a proveedores de servicios especializados [56].
- ***La cantidad de PYMEs existentes***. Según el estudio realizado en Chile el año 2006 por el Instituto Nacional de Estadísticas [10], en el país existen más de 80.000 empresas clasificadas como PYMEs, de las cuales el 86% corresponden a pequeñas empresas y 14% a medianas.
- ***Orientación de los modelos existentes***. Los modelos existentes están orientados a los procesos de adquisición del software de grandes organizaciones o agencias gubernamentales [4, 26, 29, 57]. Estos modelos consideran características propias de grandes proyectos de adquisición que difieren de los requisitos y particularidades de las adquisiciones que realizan las PYMEs. Además, los modelos no especifican cómo realizar cada una de las prácticas sugeridas, lo cual implica esfuerzo y recursos con los cuales las PYMEs no cuentan.
- ***Carencia de metodologías de aseguramiento de calidad para la adquisición***. Luego de realizado el estudio del arte, no se encontraron evidencias de la existencia de metodologías concretas que indiquen cómo poner en desarrollo las buenas prácticas sugeridas en los modelos analizados, en relación al aseguramiento de la calidad. La estrategia utilizada para la recopilación bibliográfica se basó en las primeras etapas del protocolo de

revisión sistemática para ingeniería de software de finidos por Kitchenham [61, 62].

- ***Existencia de patrones para la adquisición***. Los proyectos de adquisición pueden ser clasificados bajo diversos criterios. La combinación de estas clasificaciones determina la existencia de patrones para los proyectos de adquisición. Cada patrón requiere adaptaciones propias a sus características. Esto es, las actividades a realizar cuando se adquiere un producto a la medida, difieren de las realizadas cuando se adquiere un producto COTS. Ejemplo de criterios de clasificación de los proyectos de adquisición son: según el tipo de equipo de desarrollo (interno o externo) [33]; según el tipo de producto que se está adquiriendo (COTS, MOTS o a la medida) [15]; en función de la relación existente entre el equipo desarrollador y el usuario final [34]; o el tipo de labor a desarrollar por la organización externa [9].
- ***Procesos de compra de las organizaciones***. Los procesos de Adquisición de Software son un subconjunto, o forman parte, de los procesos de compra y adquisición general de las organizaciones. En la mayoría de los casos, la decisión de adquisición no depende única y exclusivamente de los usuarios y clientes del producto de software, dado que existe un conjunto de procedimientos y criterios generales que definen las organizaciones para sus compras o adquisiciones. La propuesta para la metodología de aseguramiento de calidad debe considerar este hecho y, por lo tanto, debe incorporar los enlaces necesarios para que ambos procesos funcionen de manera coordinada.

Los hechos anteriores generan nuevas hipótesis que se muestran en la Tabla 3 - 1.

Tabla 3 - 1.- Hipótesis de Trabajo

Hipótesis	Hecho Generador de la Hipótesis
La definición de una metodología de aseguramiento de calidad, creada en base a adaptaciones de los modelos y estándares de adquisición, permitirá la mejora de los procesos de adquisición de las pequeñas y medianas empresas.	Incremento de la adquisición.
	Carencia de metodologías de aseguramiento de calidad para la adquisición.
	Orientación de los modelos existentes.
	Cantidad de PYMEs existentes.
La identificación de patrones de proyectos de adquisición permite una adaptación más rápida y eficaz de los proyectos de adquisición de software particular.	Existencia de patrones para la adquisición.
	Incremento de la adquisición.
	Carencia de metodologías de aseguramiento de calidad para la adquisición.
La definición de una metodología de aseguramiento de calidad para la adquisición del software, que se enmarque dentro del proceso de compra de una organización, permitirá mejorar la implantación de la metodología en una organización.	Procesos de compra de las organizaciones.
	Incremento de la adquisición.
	Carencia de metodologías de aseguramiento de calidad para la adquisición.

CAPÍTULO 4: RESOLUCIÓN

4. RESOLUCIÓN

4.1. INTRODUCCIÓN

El trabajo desarrollado se ha centrado en la definición de una metodología de aseguramiento de la calidad para la adquisición de software. El enfoque de la propuesta son los proyectos de adquisición de productos a la medida, adquiridos por PYMEs. Se basa en la identificación de un conjunto de actividades que deben desarrollarse en cada fase de un proyecto de adquisición. Para cada una de estas actividades, se definen las tareas específicas a realizar, además, se identifican sus entradas y salidas. También se asocia la responsabilidad de realizar cada tarea a algún(os) miembro(s) del equipo de aseguramiento de la calidad asignado, el cual está formado por representantes del cliente, usuarios y otros afectados.

La Figura 4. 1 muestra un esquema de la estructura de la metodología, denominada Metodología de Aseguramiento de la Calidad para la Adquisición, Proceso y Producto (MACAD-PP). Se observa que para cada etapa del ciclo de vida de la adquisición (a la izquierda de la figura) [15], se han definido un conjunto de actividades, que se desarrollan en base a tareas específicas. Cada una de estas actividades está asociada a uno o más participantes del proyecto que cumplen un rol específico. También, para cada actividad se definen las entradas y salidas que son parte de los activos del proceso que son almacenados en una librería de activos (PAL, Process Asset Library).

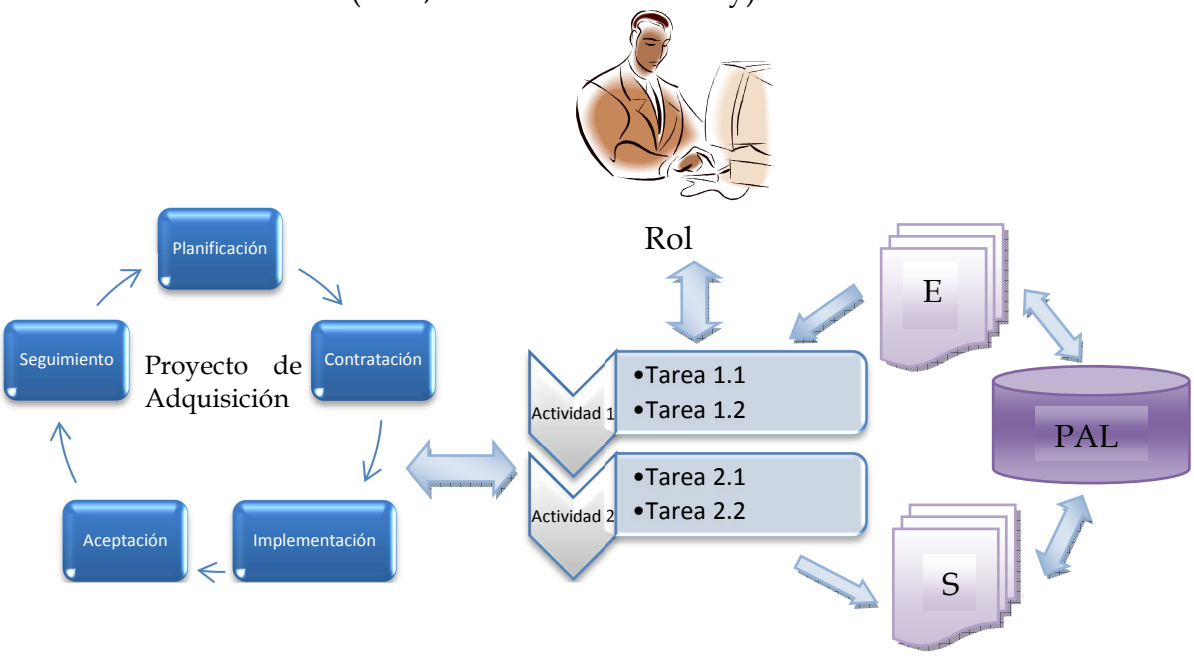

Figura 4. 1.- Estructura de MACAD-PP

Cabe mencionar que para la aplicación de esta metodología, se supone que la organización compradora tiene formalizadas ciertas actividades básicas para la adquisición del software. Estas actividades son:

- Gestión de la licitación.

- Gestión del contrato (acuerdo con el proveedor).
- Gestión de los requisitos.

La Figura 4. 2 muestra la relación entre estas actividades básicas y la metodología propuesta, en términos de las entradas que esta última recibe de los procesos relacionados con dichas actividades. Esto es, las condiciones mínimas para la aplicación de MACAD-PP son que existan formalmente los documentos de licitación, el contrato que regule los informes que deben ser generados por el proveedor, y una especificación de requisitos.

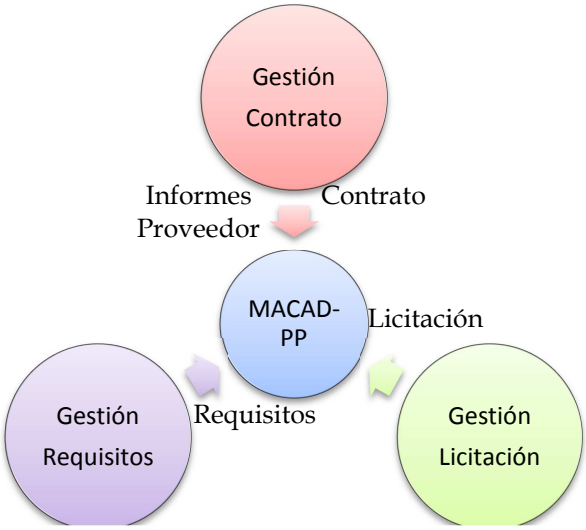

Figura 4. 2.- Restricciones de aplicación de MACAD-PP

A continuación, dado que son los elementos sobre los que se basa la metodología, se procederá a especificar cada componente de la propuesta. En primer lugar se describirán los roles participantes que forman parte del equipo de aseguramiento de la calidad. Posteriormente, se formaliza la metodología, presentando cada actividad, sus entradas y salidas, el rol responsable y los participantes en su desarrollo y las tareas asociadas. Finalmente, se describen en detalle cada uno de los activos que apoyan la aplicación de la metodología y aquellos que se irán generando como resultado de las actividades desarrolladas.

4.2. ROLES PARTICIPANTES

Como se ha mencionado en el estudio del estado del arte (véase Capítulo 2), los problemas surgidos en los proyectos de adquisición se deben a responsabilidades compartidas entre el comprador y el proveedor [4]. Lo anterior hace imprescindible la participación y el compromiso en las actividades de aseguramiento de la calidad, tanto de representantes de la organización cliente como de la del proveedor.

Para la creación de MACAD-PP, se han identificado dos tipos de roles participantes en los proyectos de adquisición: roles primarios y roles

secundarios, que se muestran en la Figura 4. 3. Para la aplicación de la metodología, se considera la participación de los roles resaltados en la Figura 4. 3 (en color más oscuro). A continuación, se describen dichos roles.

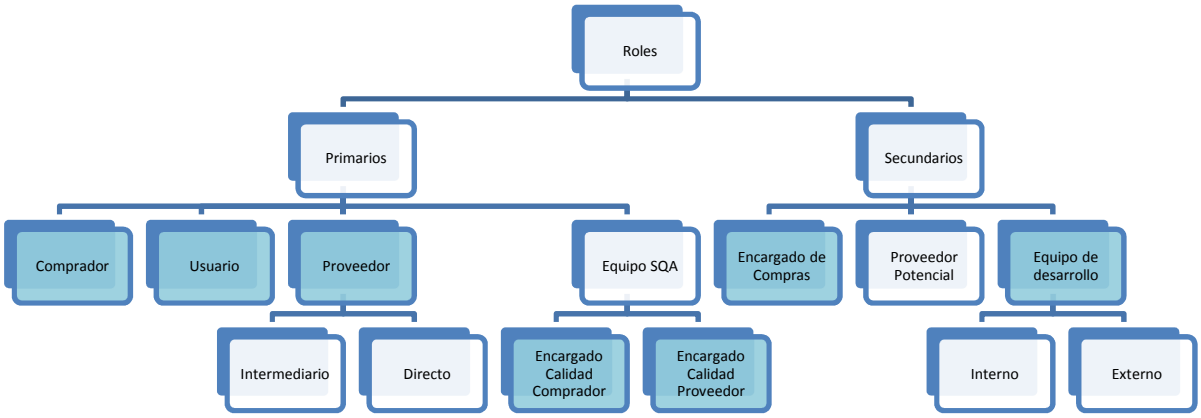

Figura 4. 3.- Clasificación de los roles participantes en MACAD-PP

4.2.1. *Roles Primarios*

Se consideran dentro de este tipo, a aquellos roles que tienen una participación e interés directo durante todo el ciclo de vida del proyecto de adquisición, desde la licitación hasta la puesta en marcha del producto adquirido. Los roles primarios son: el comprador, los usuarios, el proveedor seleccionado para el desarrollo del proyecto, el encargado de calidad del comprador y el encargado de calidad del proveedor. A continuación se describen cada uno de ellos:

- **Comprador**: es la parte interesada que adquiere o compra un producto o servicio a un proveedor [4]. Este rol no siempre es usuario final del producto adquirido, pero sí tiene poder de decisión sobre la selección del proveedor y la aceptación del producto.

- **Usuarios**: son aquellas personas que utilizarán el producto de software adquirido. Son los ejecutores de los procesos de negocio que serán apoyados mediante la incorporación del producto adquirido. Un comprador puede ser o no un usuario.

- **Proveedor**: entidad que ha llegado a un acuerdo con un comprador para el diseño, desarrollo, manufactura, mantenimiento, modificación o provisión de productos de software y sus servicios asociados, bajo los términos de un contrato o acuerdo (esta definición ha sido adaptada del modelo CMMI-ACQ [1]).

- **Encargado de Calidad del Comprador**: este rol es el responsable y gestor de las actividades de aseguramiento de la calidad. Es recomendable, pero no indispensable, que posea competencias técnicas en desarrollo de software.

- **Encargado de Calidad del Proveedor**: si el proveedor posee un equipo de aseguramiento de la calidad, este rol lo debe desempeñar el gestor o jefe de dicho grupo. Si no existe la figura de equipo de gestión de calidad, el proveedor debe designar un miembro del equipo desarrollador para ocupar este rol.

4.2.2. *Roles Secundarios*

Se consideran dentro de este tipo, a aquellos roles que tienen una participación mínima o indirecta en la aplicación de MACAD-PP. Los roles secundarios considerados son: el encargado de compras de la organización que está adquiriendo el producto de software y los miembros del equipo de desarrollo del proveedor. A continuación, se describe cada uno de ellos.

- **Encargado de compras**: dado que la metodología debe enmarcarse en los procesos de adquisición general que tiene cualquier organización, se incorpora en algunas actividades al encargado de compras, para asegurar que los proyectos de adquisición de software cumplan con las condiciones y restricciones generales de la organización.

- **Equipo de desarrollo**: representa a los miembros que componen el equipo de desarrollo del producto de software de la organización proveedora. Estos integrantes no interactúan directamente en las actividades de MACAD-PP, pero ejecutan tareas en el ciclo de vida de la adquisición, y deben desarrollar actividades y productos que serán validados y verificados por la metodología de aseguramiento de la calidad.

4.3. ESPECIFICACIÓN DE MACAD-PP

Como se ha mencionado al inicio del capítulo, la metodología propuesta se estructura en base a un conjunto de fases y actividades, cada una con entradas y salidas claramente identificadas. Cada actividad tiene un rol responsable de realizarla, un grupo de participantes y un conjunto de tareas que permiten transformar las entradas en salidas. También se cuenta con un conjunto de activos que facilitan el desarrollo de cada actividad.

La Figura 4. 4 muestra las actividades de la metodología, y su relación con las etapas del ciclo de vida de la adquisición del software. Las etapas son secuenciales, excepto aquellas que se desarrollan en la implementación y aceptación, que deben ser realizadas por cada iteración del proceso de desarrollo (por cada entrega parcial funcional del producto de software final).

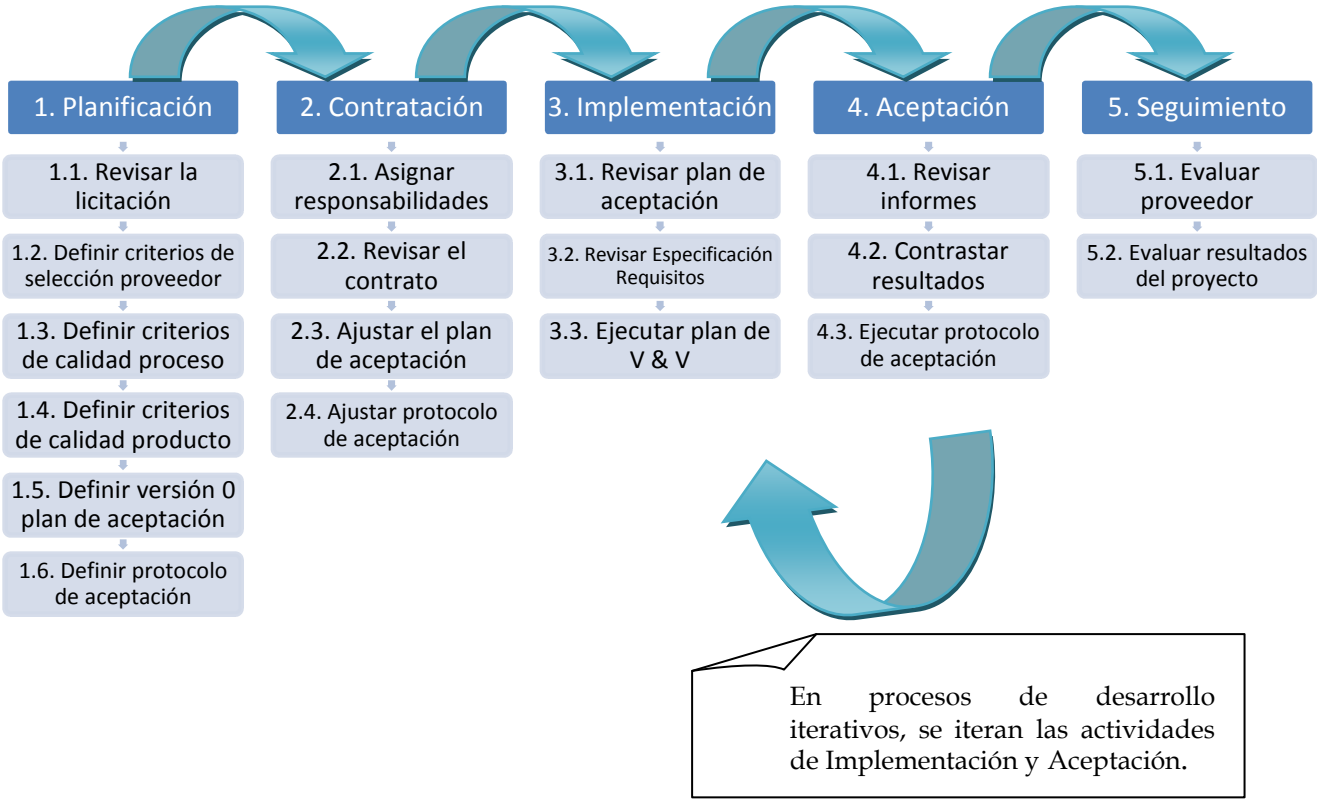

Figura 4. 4.- Actividades de MACAD-PP y su relación con el ciclo de vida de la adquisición

La Figura 4. 5 muestra el orden de ejecución de cada una de las actividades que comprende la metodología. En esta figura, las actividades en color gris y sin numeración, corresponden a tareas externas a la metodología. Han sido incluidas para mostrar cómo se procede ante la presencia de una no conformidad.

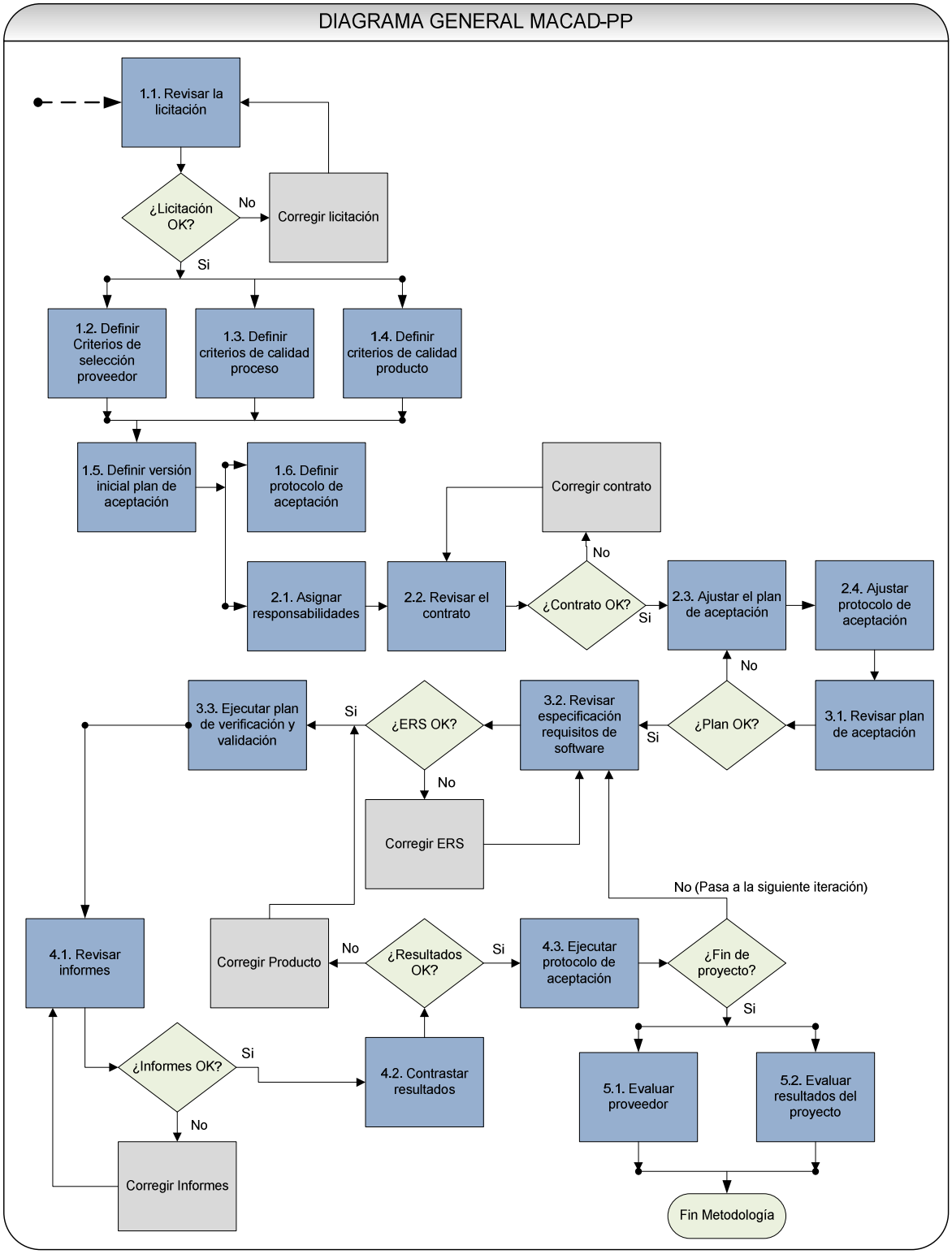

Figura 4. 5.- Diagrama general de MACAD-PP

A continuación, se detalla cada una de las actividades de la metodología MACAD-PP. Para cada una de ellas, se presenta una tabla descriptiva que muestra los roles participantes en dicha actividad, las entradas y salidas de la actividad, su descripción, tareas que componen la actividad y los activos de procesos relacionados. A continuación de cada tabla, se puede observar un

diagrama que muestra las tareas de cada actividad y su secuencia de realización.

La Tabla 4 - 1 describe la actividad 1.1"*Revisar la licitación*".

Tabla 4 - 1.- Actividad 1.1 "*Revisar la licitación*"

Etapa en que se desarrolla	1. Planificación.
Actividad	1.1. Revisar la licitación.
Rol responsable	Encargado Calidad del Comprador.
Roles participantes	Comprador.
	Encargado de Compras.
Descripción	Se realiza la revisión del documento de licitación, antes de que sea difundido a los proveedores potenciales, con el objetivo de asegurar que contenga todas las restricciones y condiciones necesarias que permitan posteriormente realizar las actividades de aseguramiento de la calidad.
Entradas	Licitación.
Salidas	Documento de aceptación de la licitación.
Tareas	1) En base a la lista de comprobación para la licitación, revisar que el documento de licitación cumple las características deseadas.
	2a) Si las características están correctas, aprobar el documento.
	2b) Si las características no están correctas, registrar la no conformidad y devolver al responsable.
	3) Registrar y comunicar resultado de la revisión.
Activos relacionados	Lista de comprobación de la licitación.
	Documento de aceptación de la licitación.
	Registro de no conformidades.
	Registro de actividad realizada.

La Figura 4. 6 muestra la secuencia de las tareas necesarias para ejecutar la actividad "*Revisar Licitación*". También se muestra la interacción de las distintas tareas con los activos que apoyan su realización. En esta figura, la tarea "*Corregir la licitación*" es externa a la metodología, se incluye para demostrar que no es posible continuar con la siguiente actividad, mientras la licitación no cumpla los criterios establecidos.

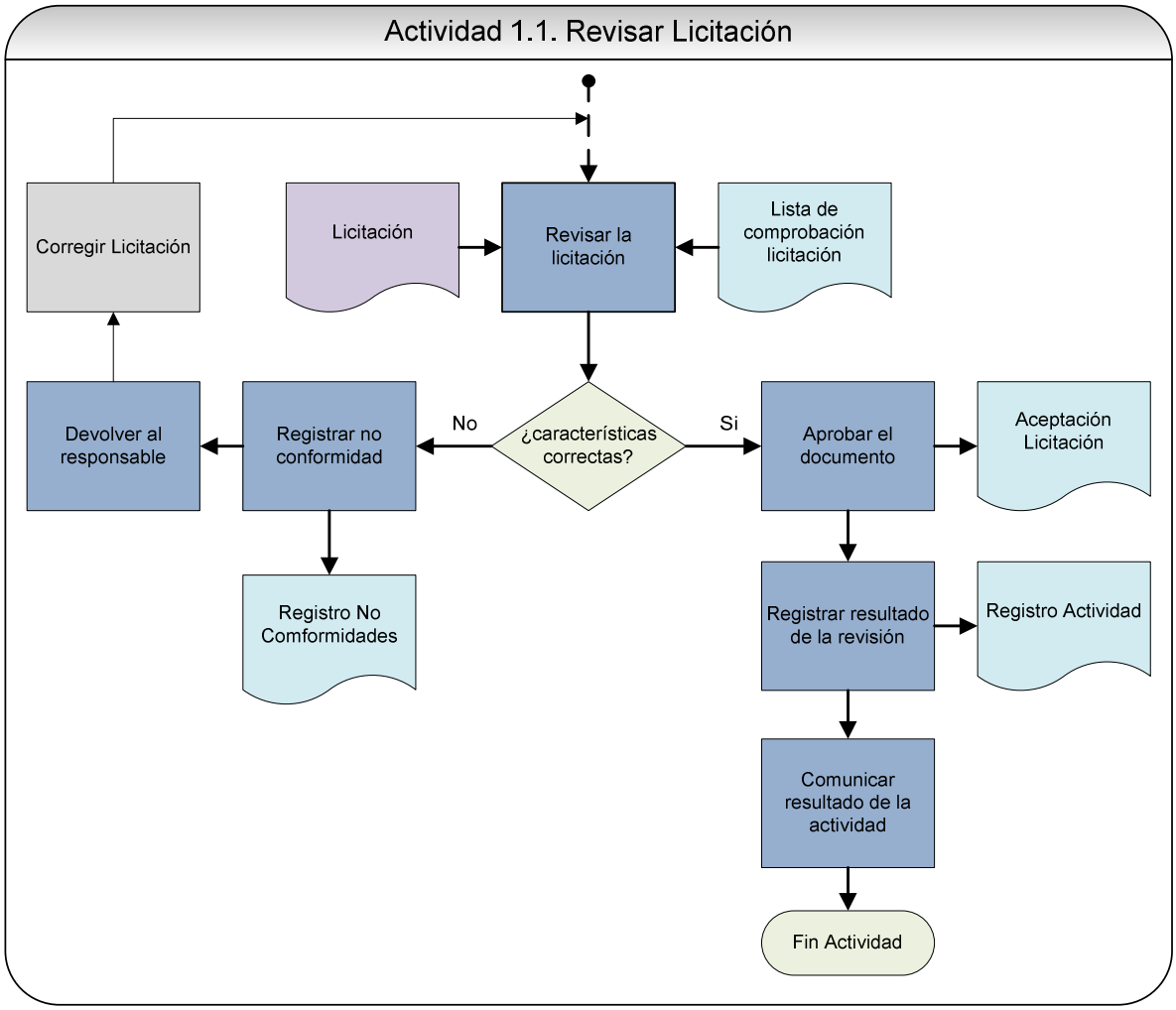

Figura 4. 6.- Diagrama de la actividad 1.1*"Revisar la licitación"*

La Tabla 4 - 2 describe la actividad 1.2 *"Definir los criterios de selección del proveedor"*.

Tabla 4 - 2.- Actividad 1.2 "*Definir los criterios de selección del proveedor*"

Etapa en que se desarrolla	1. Planificación.
Actividad	1.2. Definir los criterios de selección del proveedor.
Rol responsable	Comprador.
Roles participantes	Encargado Calidad del Comprador.
	Encargado de Compras.
Descripción	Se definen los criterios que serán utilizados para seleccionar al proveedor a partir del conjunto de proveedores potenciales. Esta actividad se desarrolla para asegurar que se ha realizado una selección imparcial, en base a los intereses del cliente y los objetivos de negocios establecidos.
Entradas	Catálogo de criterios de selección de proveedores.
Salidas	Especificación de los criterios de selección.
Tareas	1) Con ayuda del catálogo de criterios de selección de proveedores, seleccionar los criterios que se aplicarán en el proyecto.
	2) Analizar e incluir nuevos criterios que pueden ser propios del proyecto.
	3) Generar el documento de especificación de criterios de selección del proveedor.
	4) Registrar y comunicar resultado de la actividad.
Activos relacionados	Catálogo de criterios de selección de proveedores.
	Especificación de los criterios de selección.
	Registro de actividad realizada.

La Figura 4. 7 muestra la secuencia de las tareas necesarias para ejecutar la actividad "*Definir los criterios de selección del proveedor*". También se muestra la interacción de las distintas tareas con los activos que apoyan su realización.

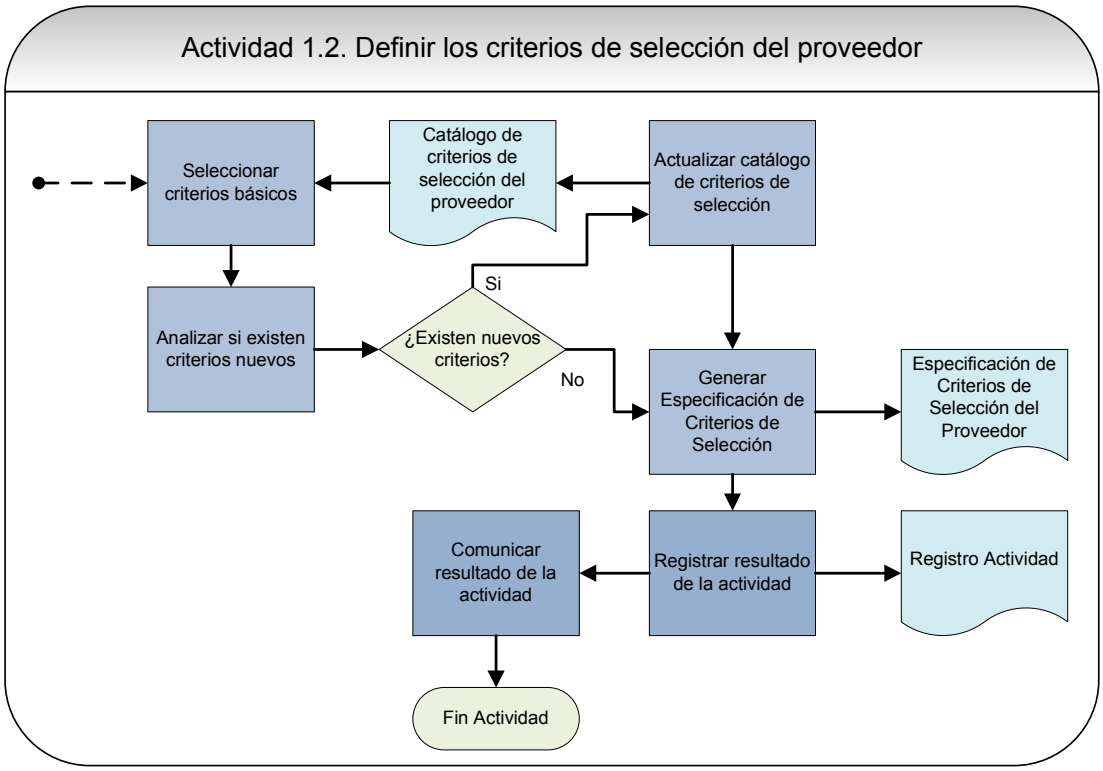

Figura 4. 7.- Diagrama de la actividad 1.2 "*Definir criterios de selección del proveedor*"

La Tabla 4 - 3 describe la actividad 1.3 "*Definir los criterios de calidad para el proceso*".

Tabla 4 - 3.- Actividad 1.3 "*Definir los criterios de calidad para el proceso*"

Etapa en que se desarrolla	1. Planificación.
Actividad	1.3. Definir los criterios de calidad para el proceso.
Rol responsable	Encargado de Calidad del Comprador.
Roles participantes	Comprador.
Descripción	Se definen los criterios de calidad para el proceso que debe desarrollar el proveedor, con el fin de asegurar que el proceso se realice bajo estándares de calidad definidos.
Entradas	Catálogo de criterios de calidad para el proceso.
Salidas	Especificación de los criterios de calidad para el proceso.
Tareas	1) Con ayuda del catálogo de criterios de calidad para el proceso, seleccionar los criterios que se aplicarán en el proyecto.
	2) Analizar e incluir nuevos criterios que pueden ser propios del proyecto.
	3) Generar el documento de especificación de criterios de calidad para el proceso.
	4) Registrar y comunicar resultado de la actividad.
Activos relacionados	Catálogo de criterios de calidad para el proceso.
	Especificación de los criterios de calidad para el proceso.
	Registro de actividad realizada.

La Figura 4. 8 muestra la secuencia de las tareas necesarias para ejecutar la actividad 1.3 "*Definir los criterios de calidad para el proceso*". También se muestra la interacción de las distintas tareas con los activos que apoyan su realización.

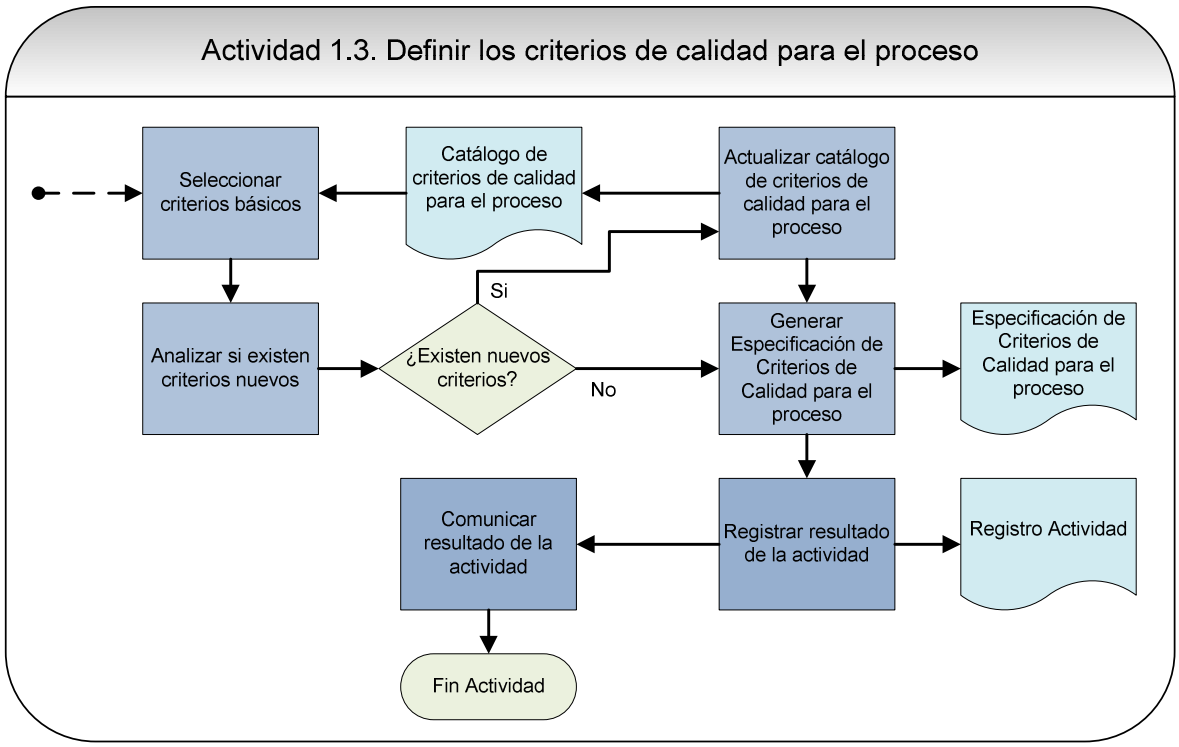

Figura 4. 8.- Diagrama de la actividad 1.3 "*Definir los criterios de calidad para el proceso*"

La Tabla 4 - 4 describe la actividad 1.4 "*Definir los criterios de calidad para el producto*".

Tabla 4 - 4.- Actividad 1.4 "*Definir los criterios de calidad para el producto*"

Etapa en que se desarrolla	1. Planificación.
Actividad	1.4. Definir los criterios de calidad para el producto.
Rol responsable	Encargado de Calidad del Comprador.
Roles participantes	Comprador.
Descripción	Se definen los criterios de calidad para el producto que debe desarrollar el proveedor, con el fin de asegurar que dicho producto se implemente bajo estándares de calidad definidos.
Entradas	Catálogo de criterios de calidad para el producto.
Salidas	Especificación de los criterios de calidad para el producto.
Tareas	1) Con ayuda del catálogo de criterios de calidad para el producto, seleccionar los criterios que se aplicarán en el proyecto.
	2) Analizar e incluir nuevos criterios que pueden ser propios del proyecto.
	3) Generar el documento de especificación de criterios de calidad para el producto.
	4) Registrar y comunicar resultado de la actividad.
Activos relacionados	Catálogo de criterios de calidad para el producto.
	Especificación de los criterios de calidad para el producto.
	Registro de actividad realizada.

La Figura 4. 9 muestra la secuencia de las tareas necesarias para ejecutar la actividad 1.4 "*Definir los criterios de calidad para el producto*". También se muestra la interacción de las distintas tareas con los activos que apoyan su realización.

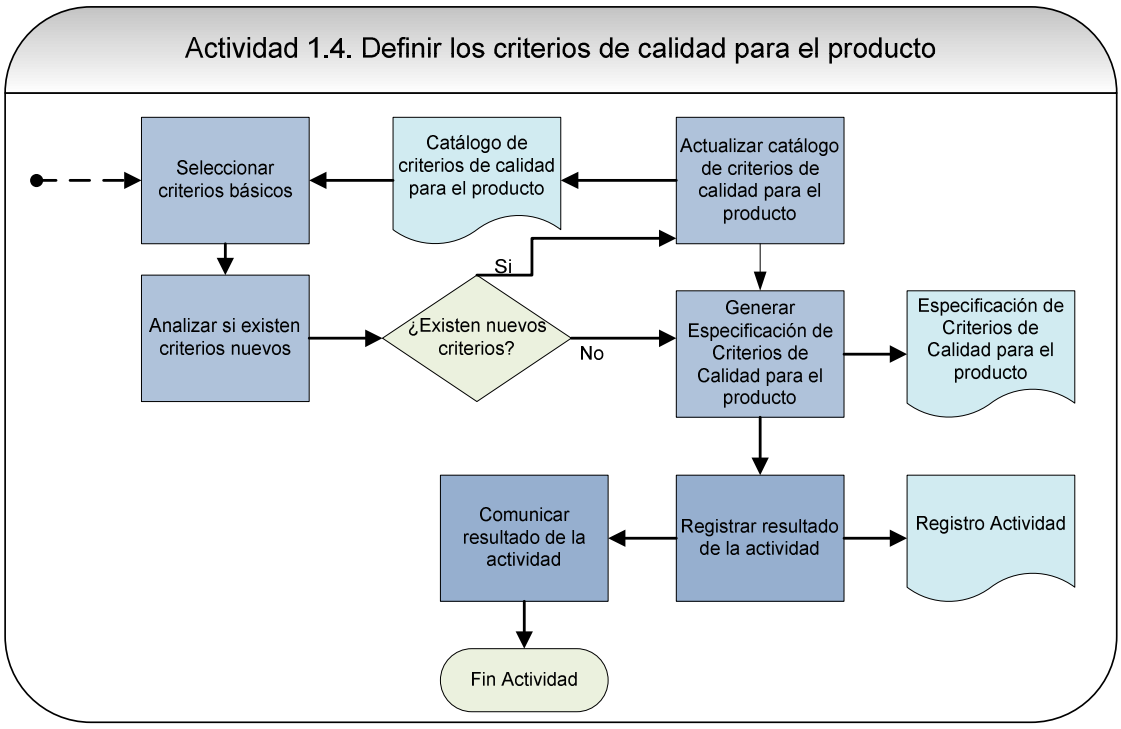

Figura 4. 9.- Diagrama de la actividad 1.4 "*Definir los criterios de calidad para el producto*"

La Tabla 4 - 5 describe la actividad 1.5 "*Definir versión 0 del plan de aceptación*".

Tabla 4 - 5.- Actividad 1.5 "*Definir versión 0 del plan de aceptación*"

Etapa en que se desarrolla	1. Planificación.
Actividad	1.5. Definir versión 0 del plan de aceptación.
Rol responsable	Encargado de Calidad del Comprador.
Roles participantes	Comprador.
	Usuarios.
Descripción	Se crea la primera versión del plan de aceptación, en base a la visión y expectativas del comprador. Posteriormente este plan debe ser ajustado para incorporar la visión y objetivos del proveedor.
Entradas	Especificación de los criterios de calidad para el producto.
	Especificación de los criterios de calidad para el proceso.
	Catálogo de mecanismos de control de cambio.
	Catálogo de actividades de PPQA.
	Catálogo de mecanismos de resolución de problemas.
	Catálogo de mecanismos de comunicación.
Salidas	Primera versión del plan de aceptación.
Tareas	1) Con ayuda del catálogo, identificar las actividades mínimas de aseguramiento de la calidad a desarrollar durante el proyecto.
	2) Con ayuda del catálogo, identificar cuál será el mecanismo de control de cambios.
	3) Identificar los productos que serán validados.
	4) Identificar el tipo de pruebas que se realizarán.
	5) Definir el entorno e infraestructura que se utilizarán para la validación.
	6) Definir los informes de validación que debe entregar el proveedor.
	7) Identificar los productos que serán verificados.
	8) Identificar el tipo de revisiones que se realizarán.
	9) Definir el entorno e infraestructura que se utilizarán para la verificación.
	10) Definir los informes de verificación que debe entregar el proveedor.
	11) Identificar los informes que el proveedor debe entregar durante el proceso.
	12) Con ayuda del catálogo, identificar cuál será el mecanismo de resolución de problemas.
	13) Con ayuda del catálogo, identificar cuál será el mecanismo de comunicación entre cliente y proveedor.
	14) Registrar todo lo anterior en el Plan de aceptación.
	15) Registrar y comunicar el resultado de la actividad.
Activos relacionados	Catálogo de actividades de PPQA.
	Catálogo de mecanismos de control de cambios.
	Catálogo de mecanismos de resolución de problemas.
	Catálogo de mecanismos de comunicación.
	Especificación de los criterios de calidad para el proceso.
	Especificación de los criterios de calidad para el producto.
	Plan de aceptación.
	Registro de actividad realizada.

La Figura 4. 10 muestra la secuencia de las tareas necesarias para ejecutar la actividad "*Definir versión 0 del plan de aceptación*". También se muestra la interacción de las distintas tareas con los activos que apoyan su realización.

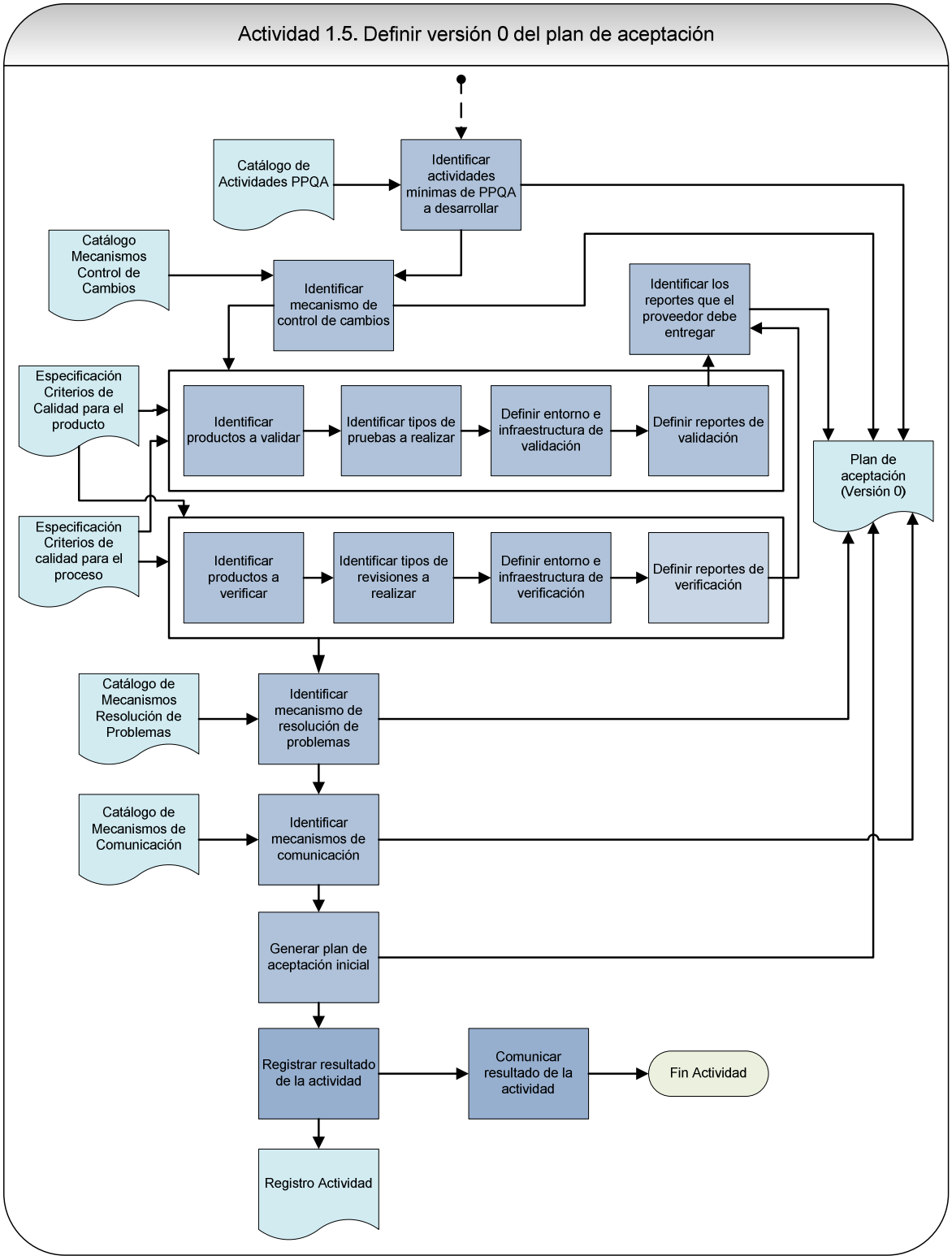

Figura 4. 10.- Diagrama de la actividad "*Definir versión 0 del plan de aceptación*"

La Tabla 4 - 6 describe la actividad 1.6 "*Definir protocolo de aceptación*".

Tabla 4 - 6.- Actividad 1.6 "*Definir protocolo de aceptación*"

Etapa en que se desarrolla	1. Planificación.
Actividad	1.6. Definir protocolo de aceptación.
Rol responsable	Encargado Calidad del Comprador.
Roles participantes	Comprador.
	Usuarios.
Descripción	Se definen el procedimiento a seguir para dar por aceptado un producto, identificando las actividades a realizar, documentos a generar, firmas y roles autorizados, cómo proceder en caso de no aceptación. Al definir este protocolo, se debe considerar que en el caso de desarrollo iterativo, la aceptación de cada entrega de una versión funcional del producto debe ajustarse a este protocolo.
Entradas	Plan de aceptación.
Salidas	Especificación del protocolo de aceptación.
Tareas	1) Identificar a los participantes en el proceso de aceptación.
	2) Identificar las actividades que se realizarán como parte de la aceptación.
	3) Distribuir y asignar las responsabilidades de cada participante en cada actividad.
	4) Generar el documento de especificación del protocolo de aceptación.
	5) Registrar y comunicar el resultado de la actividad.
Activos relacionados	Plan de aceptación.
	Especificación del protocolo de aceptación.
	Registro de actividad realizada.

La Figura 4. 11 muestra la secuencia de las tareas necesarias para ejecutar la actividad "*Definir protocolo de aceptación*". También se muestra la interacción de las distintas tareas con los activos que apoyan su realización.

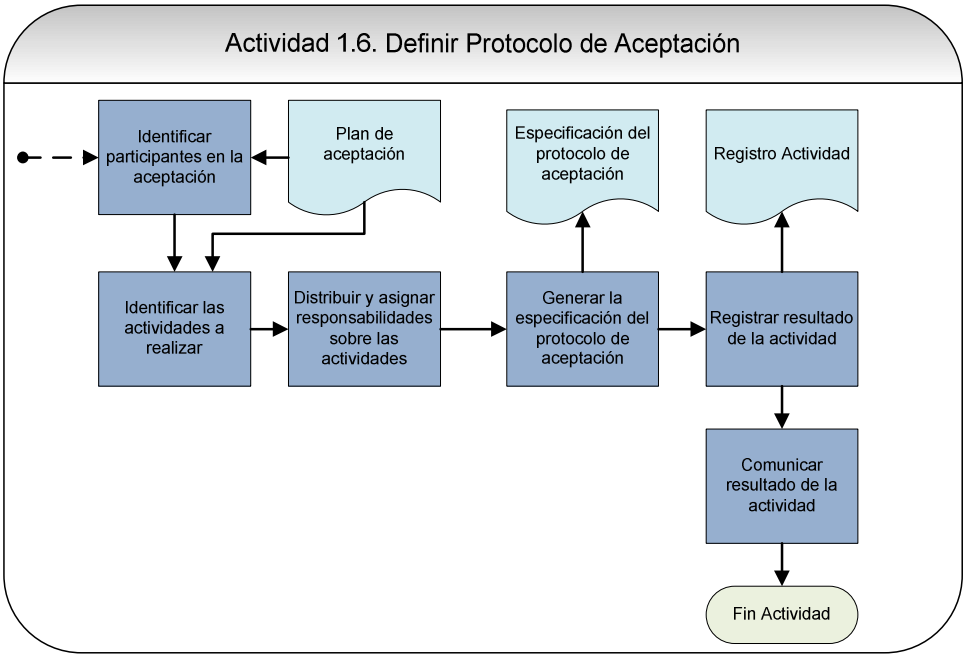

Figura 4. 11.- Diagrama de la actividad 1.6 "*Definir protocolo de aceptación*"

La Tabla 4 - 7 describe la actividad 2.1 *"Asignar responsabilidades de PPQA"*

Tabla 4 - 7.- Actividad 2.1 *"Asignar responsabilidades de PPQA"*

Etapa en que se desarrolla	2. Contratación.
Actividad	2.1 Asignar responsabilidades de PPQA.
Rol responsable	Encargado Calidad del Comprador.
Roles participantes	Encargado Calidad del Proveedor.
	Comprador.
	Proveedor.
	Usuarios.
Descripción	Se identifica qué roles tendrán participación y qué responsabilidad en las actividades de aseguramiento de la calidad.
Entradas	Plan de aceptación.
	Potenciales participantes.
	Catálogo de actividades de PPQA.
Salidas	Matriz de responsabilidades.
Tareas	1) Identificar integrantes del equipo de PPQA.
	2) Con ayuda del catálogo de actividades de PPQA, identificar las tareas que realizará el equipo PPQA.
	3) Distribuir y asignar las responsabilidades y participación de cada miembro del equipo PPQA en las tareas.
	4) Generar la matriz de responsabilidades.
	5) Informar y difundir la matriz de responsabilidades.
	6) Registrar y comunicar resultado de la actividad.
Activos relacionados	Plan de aceptación.
	Catálogo de actividades de PPQA.
	Matriz de responsabilidades.
	Registro de actividad realizada.

La Figura 4. 12 muestra la secuencia de las tareas necesarias para ejecutar la actividad 2.1 *"Asignar responsabilidades de PPQA"*. También se muestra la interacción de las distintas tareas con los activos que apoyan su realización.

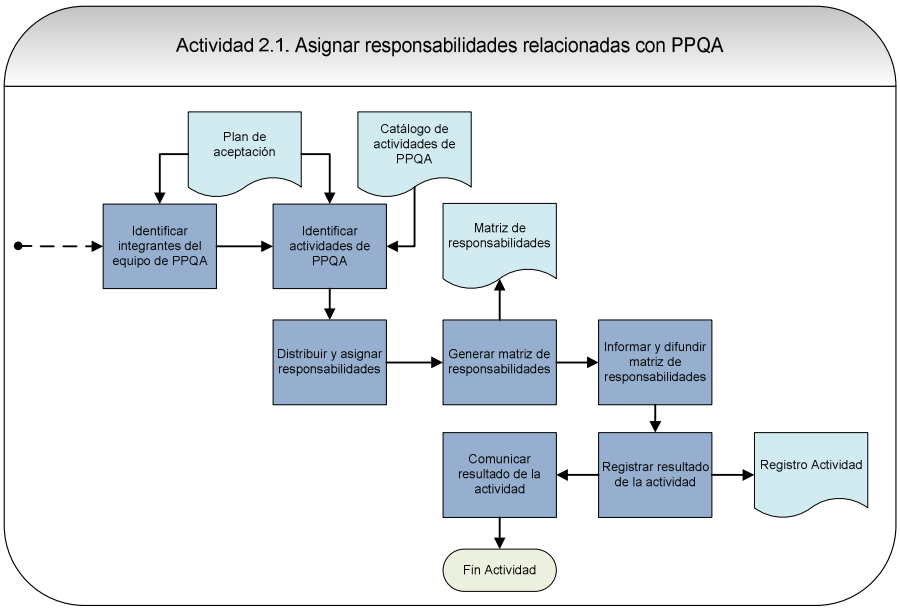

Figura 4. 12.- Diagrama de la actividad 2.1 *"Asignar responsabilidades de PPQA"*

La Tabla 4 - 8 describe la actividad 2.2 "*Revisar el contrato*".

Tabla 4 - 8.- Actividad 2.2 "*Revisar el contrato*"

Etapa en que se desarrolla	2. Contratación.
Actividad	2.2. Revisar el contrato.
Rol responsable	Comprador.
Roles participantes	Proveedor.
	Encargado calidad comprador.
Descripción	Se realiza la revisión del documento de acuerdo con el proveedor, antes que sea firmado, con el objetivo de asegurar que contenga todas las restricciones y condiciones necesarias que permitan posteriormente realizar las actividades de aseguramiento de la calidad.
Entradas	Contrato.
Salidas	Documento de aceptación del contrato.
Tareas	1) En base a la lista de comprobación para el contrato, revisar que el documento, de acuerdo con el proveedor, cumple las características deseadas.
	2a) Si las características están correctas, aprobar el documento.
	2b) Si las características no están correctas, registrar la no conformidad y devolver al responsable.
	3) Registrar y comunicar el resultado de la revisión.
Activos relacionados	Lista de comprobación del contrato.
	Documento de aceptación del contrato.
	Registro de no conformidades.
	Registro de actividad realizada.

La Figura 4. 13 muestra la secuencia de las tareas necesarias para ejecutar la actividad 2.2 "*Revisar el contrato*". También se muestra la interacción de las distintas tareas con los activos que apoyan su realización. En esta figura, la tarea "*Corregir el contrato*" es externa a la metodología, se incluye para demostrar que no es posible continuar con la siguiente actividad, mientras el contrato no cumpla los criterios establecidos.

.

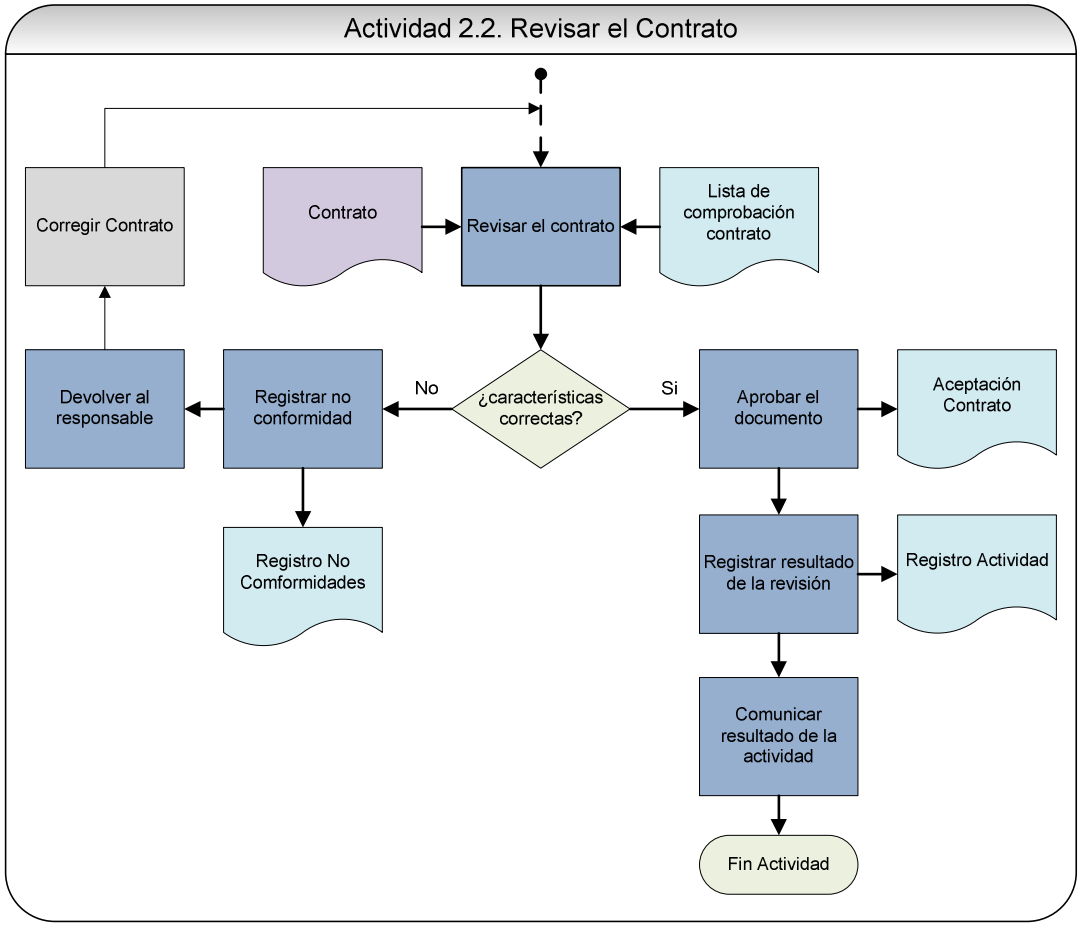

Figura 4. 13.- Diagrama de la actividad 2.2 "*Revisar el contrato*"

La Tabla 4 - 9 describe la actividad 2.3 "*Ajustar Plan de Aceptación*"

Tabla 4 - 9.- Actividad 2.3 "*Ajustar el plan de aceptación*"

Etapa en que se desarrolla	2. Contratación.
Actividad	2. 3. Ajustar plan de aceptación.
Rol responsable	Encargado de calidad del comprador.
Roles participantes	Encargado de calidad del proveedor.
	Comprador.
	Proveedor.
Descripción	Se ajusta la primera versión del plan de aceptación, para incorporar la visión e intereses del proveedor.
Entradas	Versión inicial del plan de aceptación.
Salidas	Plan de aceptación.
Tareas	1) Revisar junto al proveedor la primera versión del plan de aceptación.
	2) Identificar las discrepancias y desacuerdos.
	3) Negociar con el proveedor para conseguir acuerdos sobre las discrepancias.
	4) Ajustar y corregir el plan de aceptación para que refleje los acuerdos alcanzados con el proveedor.
	5) Informar y difundir el plan de aceptación.
	6) Registrar y comunicar el resultado de la actividad.
Activos relacionados	Plan de aceptación.
	Registro de actividad realizada.

La Figura 4. 14 muestra la secuencia de las tareas necesarias para ejecutar la actividad 4.10 "*Ajustar el Plan de Aceptación*". También se muestra la interacción de las distintas tareas con los activos que apoyan su realización.

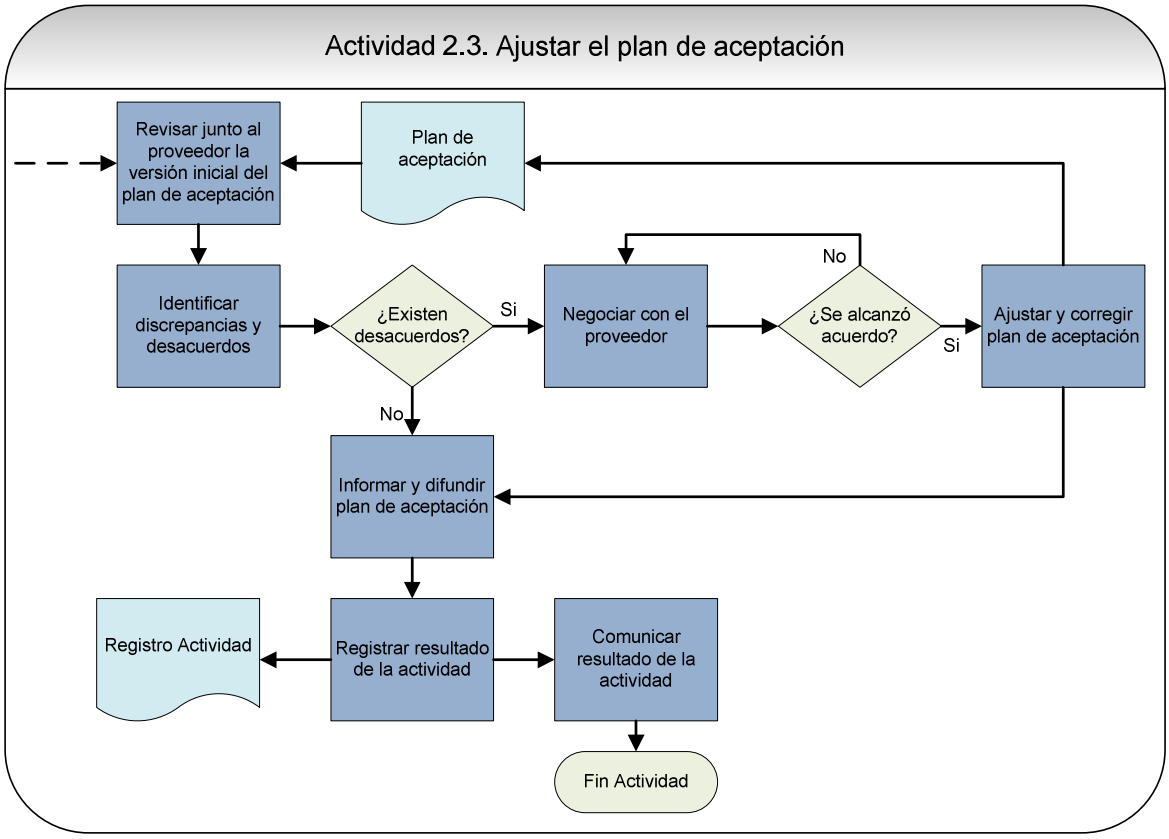

Figura 4. 14.- Diagrama de la actividad 2.3 "*Ajustar el plan de aceptación*"

La Tabla 4 - 10 describe la actividad 2.4 "*Ajustar protocolo de aceptación*".

Tabla 4 - 10.- Actividad 2.4 "*Ajustar protocolo de aceptación*"

Etapa en que se desarrolla	2. Contratación.
Actividad	2. 4. Ajustar protocolo de aceptación.
Rol responsable	Encargado de calidad del comprador.
Roles participantes	Encargado de calidad del proveedor.
	Comprador.
	Proveedor.
Descripción	Se ajusta la primera versión del protocolo de aceptación, para incorporar la visión e intereses del proveedor.
Entradas	Primera versión del protocolo de aceptación.
Salidas	Protocolo de aceptación.
Tareas	1) Revisar junto al proveedor la primera versión del protocolo de aceptación.
	2) Identificar las discrepancias y desacuerdos.
	3) Negociar con el proveedor para conseguir acuerdos sobre las discrepancias.
	4) Ajustar y corregir el protocolo de aceptación para que refleje los acuerdos alcanzados con el proveedor.
	5) Informar y difundir el protocolo de aceptación.
	6) Registrar y comunicar resultado de la actividad.
Activos relacionados	Protocolo de aceptación.
	Registro de actividad realizada.

La Figura 4. 15 muestra la secuencia de las tareas necesarias para ejecutar la actividad 2.3 "*Ajustar el protocolo de aceptación*". También se muestra la interacción de las distintas tareas con los activos que apoyan su realización.

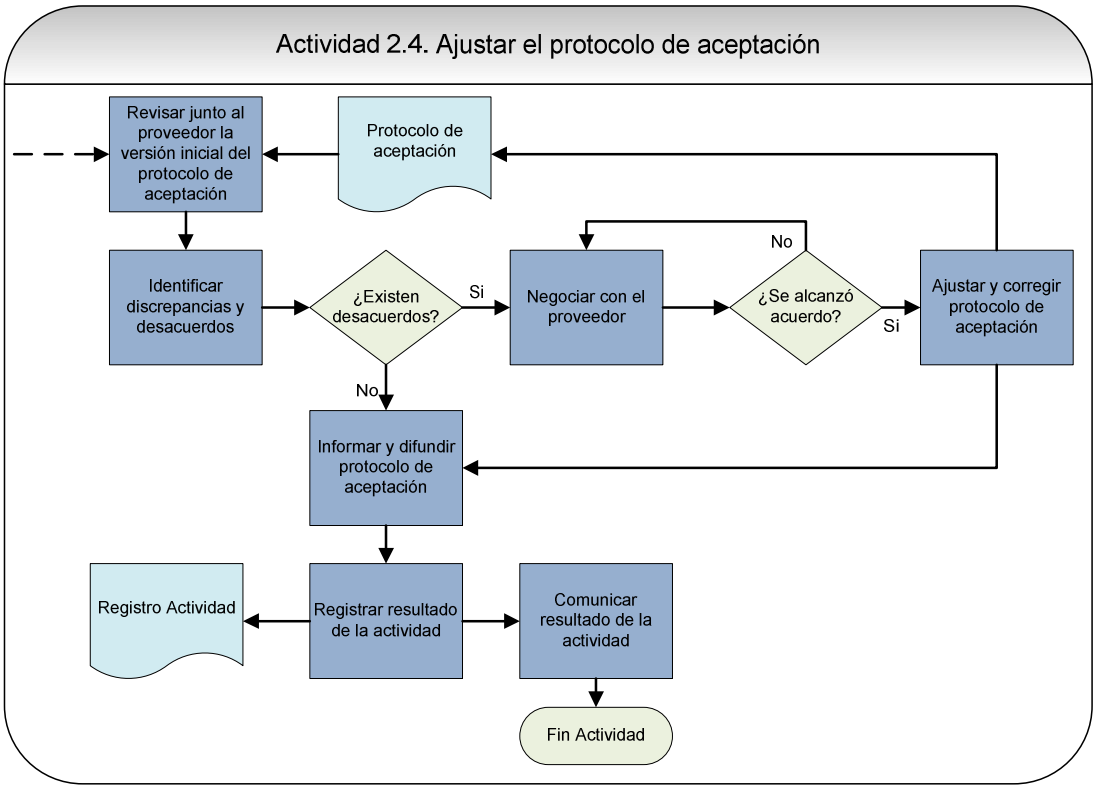

Figura 4. 15.- Diagrama de la actividad 2.4 "*Ajustar el protocolo de aceptación*"

La Tabla 4 - 11 describe la actividad 3.1 "*Revisar el plan de aceptación*".

Tabla 4 - 11.- Actividad 3.1 "*Revisar el plan de aceptación*"

Etapa en que se desarrolla	3. Implementación.
Actividad	3.1. Revisar el plan de aceptación.
Rol responsable	Encargado de calidad del comprador.
Roles participantes	Encargado de calidad del proveedor.
Descripción	Se realiza la revisión del plan de aceptación con el objetivo de asegurar que contenga de manera realista y realizable las condiciones de aseguramiento de la calidad.
Entradas	Plan de aceptación.
Salidas	Documento de aceptación del plan de aceptación.
Tareas	1) En base a la lista de comprobación para el plan de aceptación, revisar que el plan cumple las características deseadas.
	2a) Si las características están correctas, aprobar el documento.
	2b) Si las características no están correctas, registrar la no conformidad y devolver al responsable.
	3) Registrar y comunicar el resultado de la revisión.
Activos relacionados	Lista de comprobación del plan de aceptación.
	Registro de no conformidades.
	Registro de actividad realizada.

La Figura 4. 16 muestra la secuencia de las tareas necesarias para ejecutar la actividad 3.1 "*Revisar el plan de aceptación*". También se muestra la interacción de las distintas tareas con los activos que apoyan su realización.

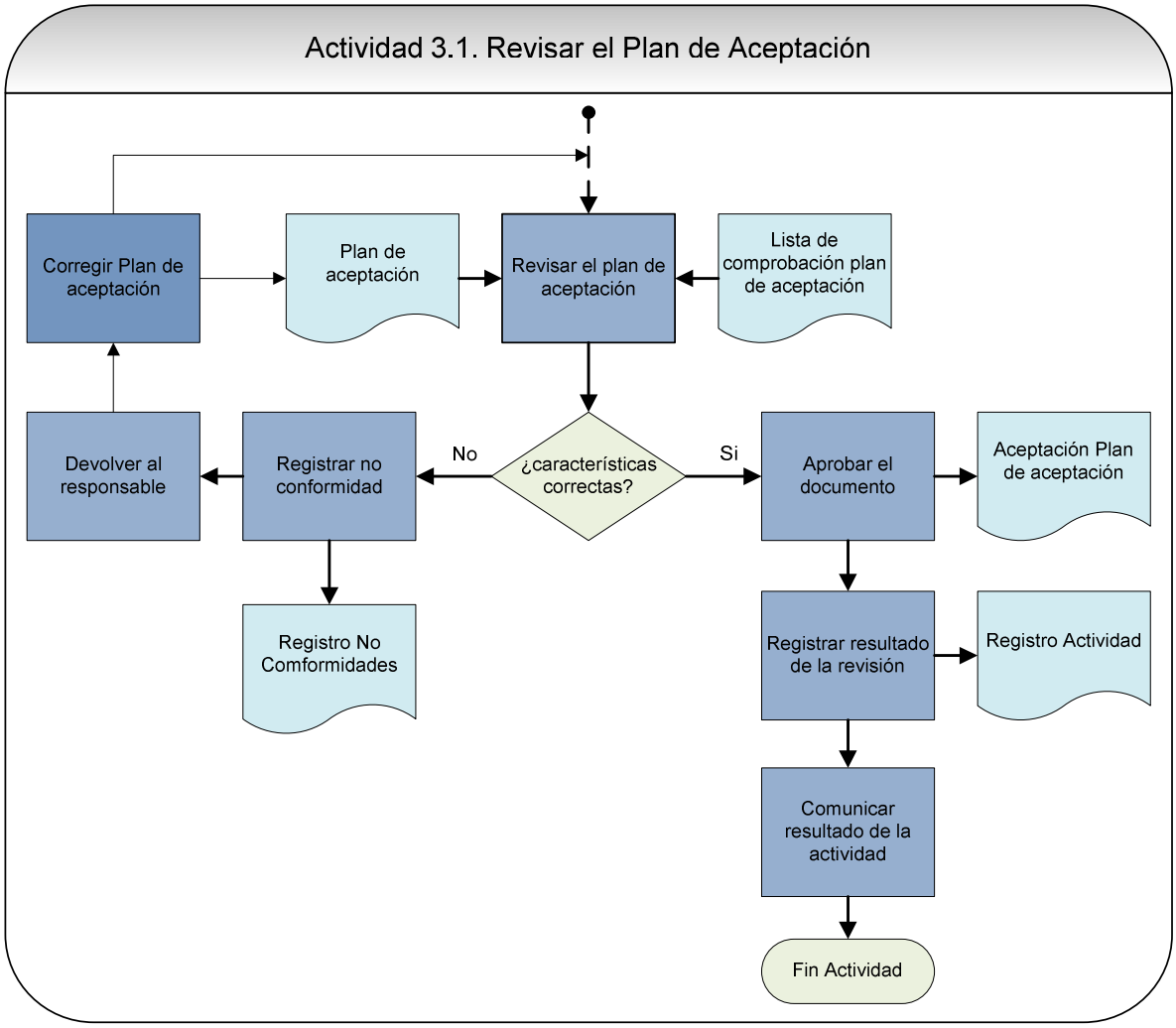

Figura 4. 16.- Diagrama de la actividad 3.1 "*Revisar el plan de aceptación*"

La Tabla 4 - 12 describe la actividad 3.2 "*Revisar la especificación de requisitos de software*".

Tabla 4 - 12.- Actividad 3.2 "*Revisar la especificación de requisitos de software*"

Etapa en que se desarrolla	3. Implementación.
Actividad	3.2. Revisar la especificación de requisitos de software.
Rol responsable	Encargado de calidad del proveedor.
Roles participantes	Encargado de calidad del comprador.
	Usuarios.
	Equipo de desarrollo.
Descripción	Se realiza la revisión de la especificación de requisitos de software con el objetivo de asegurar que cumpla las características deseadas que permitan obtener el producto adecuado a las necesidades del comprador.
Entradas	Especificación de requisitos del software.
Salidas	Documento de aceptación de la especificación de requisitos del software.
Tareas	1) En base a la lista de comprobación para la especificación de requisitos de software, revisar que la Especificación de Requisitos de Software (ERS) cumple las características deseadas.
	2a) Si las características están correctas, aprobar el documento.
	2b) Si las características no están correctas, registrar la no conformidad y devolver al responsable.
	3) Registrar y comunicar el resultado de la revisión.
Activos relacionados	Lista de comprobación de la especificación de requisitos de software.
	Registro de no conformidades.
	Registro de actividad realizada.

La Figura 4. 17 muestra la secuencia de las tareas necesarias para ejecutar la actividad "*Revisar la especificación de requisitos de software*". También se muestra la interacción de las distintas tareas con los activos que apoyan su realización. En esta figura, la tarea "*Corregir la especificación de requisitos*" es externa a la metodología, se incluye para demostrar que no es posible continuar con la siguiente actividad, mientras la especificación de requisitos no cumpla los criterios establecidos.

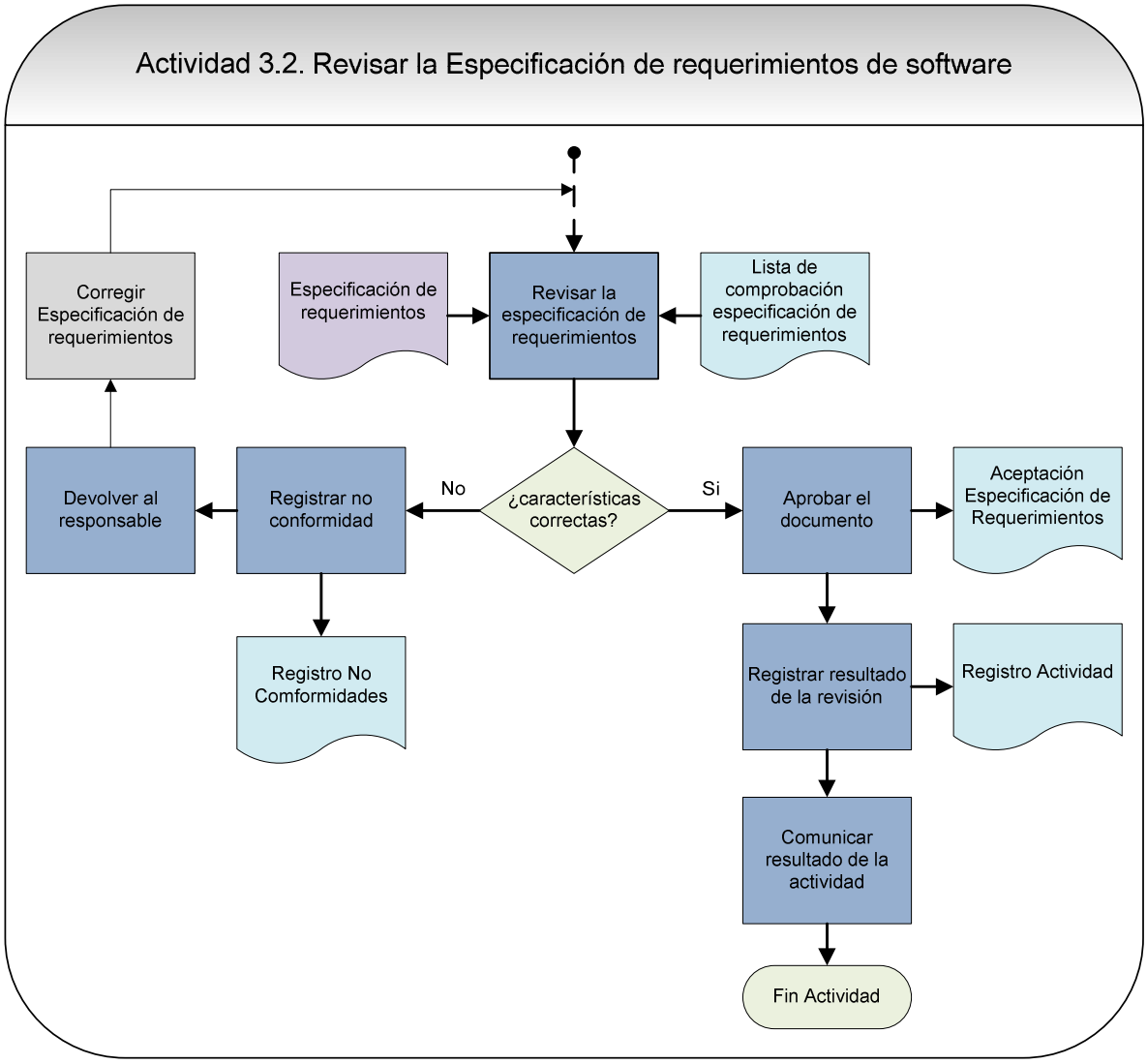

Figura 4. 17.- Diagrama de la actividad 3.2 "*Revisar la especificación de requisitos de software*"

La Tabla 4 – 13 describe la actividad 3.3 "*Ejecutar plan de validación y verificación*"

Tabla 4 - 13.- Actividad 3.3 "*Ejecutar plan de validación y verificación*"

Etapa en que se desarrolla	3. Implementación.
Actividad	3.3. Ejecutar plan de verificación y validación.
Rol responsable	Encargado de calidad del proveedor.
Roles participantes	Encargado de calidad del comprador.
	Usuarios.
	Equipo desarrollador.
Descripción	Se realiza las actividades de verificación y validación acordadas con el proveedor, y registradas en el plan de aceptación. Estas actividades deben realizarse por cada entrega funcional parcial del producto.
Entradas	Plan de aceptación.
Salidas	Informe de verificación del proveedor.
Tareas	1) Verificar los productos identificados en el plan de aceptación en base a las revisiones definidas en el mismo plan.
	2) Generar los informes comprometidos en el plan de verificación.
Activos relacionados	Plan de aceptación.
	Informe de verificación del proveedor.

La Figura 4. 18 muestra la secuencia de las tareas necesarias para ejecutar la actividad 3.3 "*Ejecutar plan de validación y verificación*". También se muestra la interacción de las distintas tareas con los activos que apoyan su realización.

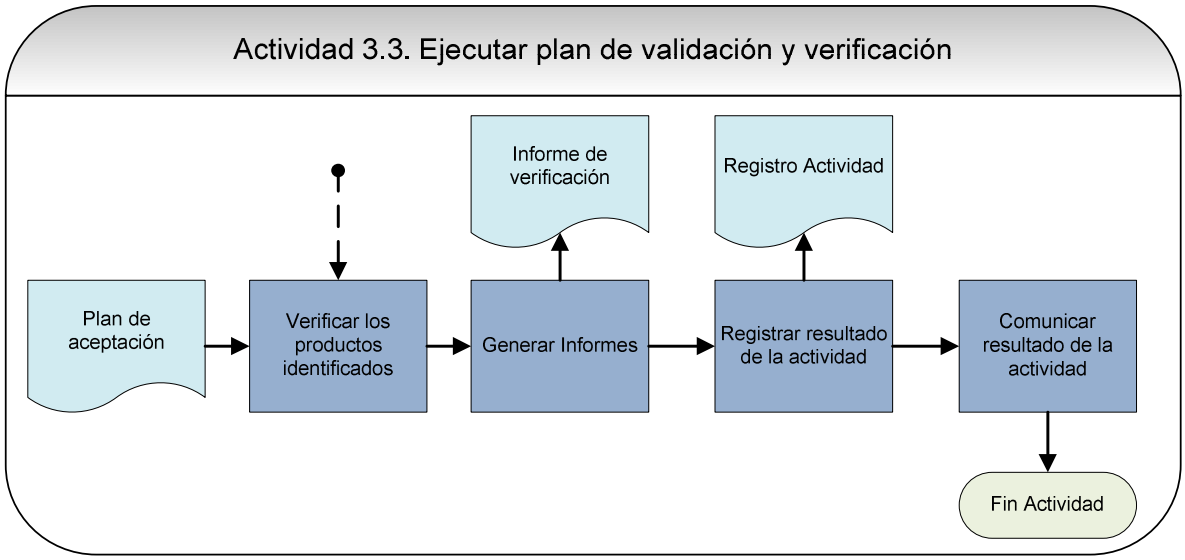

Figura 4. 18.- Diagrama de la actividad 3.3 "*Ejecutar plan de validación y verificación*"

La Tabla 4 – 14 describe la actividad 4.1 "*Revisar los informes del proveedor*".

Tabla 4 - 14.- Actividad 4.1 "*Revisar los informes del proveedor*"

Etapa en que se desarrolla	4. Aceptación.
Actividad	4.1. Revisar los informes del proveedor.
Rol responsable	Encargado de calidad del comprador.
Roles participantes	Encargado de calidad del proveedor.
Descripción	Se realiza la revisión de los informes generados por el proveedor, para comprobar que sean consistentes con lo definido y comprometido en el plan de aceptación. Esta actividad debe realizarse por cada entrega funcional parcial del producto.
Entradas	Plan de aceptación.
	Plan de verificación del proveedor.
	Plan de validación del proveedor.
Salidas	Documento de aceptación de los informes del proveedor.
Tareas	1) Revisar que los informes entregados por el proveedor son los establecidos en el plan de aceptación.
	2) Con ayuda de la lista de comprobación de informes, revisar que la estructura y contenido de los informes son adecuados.
	3a) Si las características están correctas, aprobar el documento.
	3b) Si las características no están correctas, registrar la no conformidad y devolver al responsable.
	4) Registrar y comunicar el resultado de la revisión.
Activos relacionados	Plan de aceptación.
	Lista de comprobación de los informes del proveedor.
	Documento de aceptación de los informes del proveedor.
	Registro de no conformidades.
	Registro de actividad realizada.

La Figura 4. 19 muestra la secuencia de las tareas necesarias para ejecutar la actividad 4.1 "*Revisar los informes del proveedor*". También se muestra la interacción de las distintas tareas con los activos que apoyan su realización. En esta figura, la tarea "*Corregir informes*" es externa a la metodología, se incluye para demostrar que no es posible continuar con la siguiente actividad, mientras los informes del proveedor no cumplan los criterios establecidos.

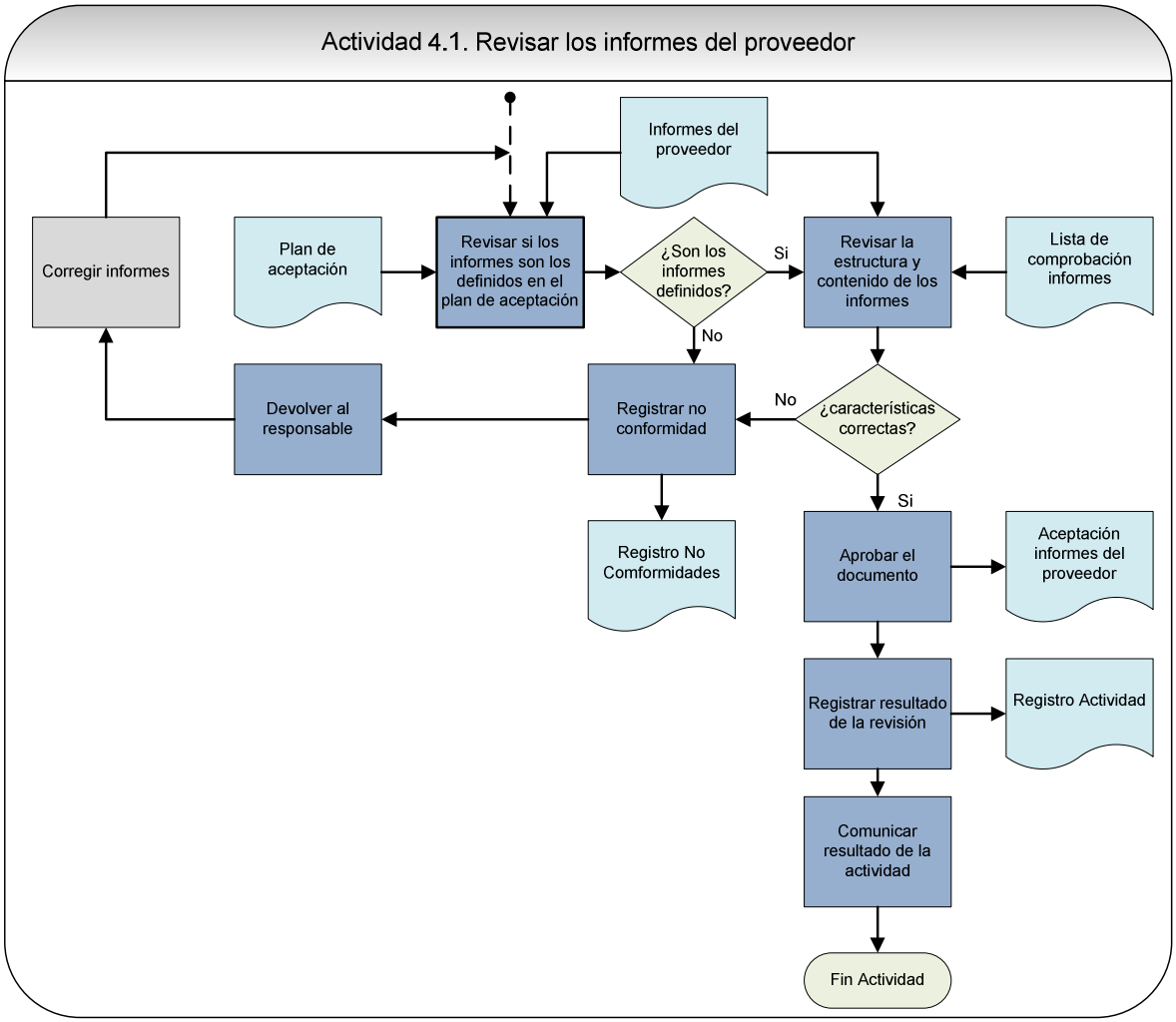

Figura 4. 19.- Diagrama de la actividad 4.1 "*Revisar los informes del proveedor*"

La Tabla 4 - 15 describe la actividad 4.2 "*Contrastar los resultados*".

Tabla 4 - 15.- Actividad 4.2 "*Contrastar los resultados*"

Etapa en que se desarrolla	4. Aceptación.
Actividad	4.2. Contrastar los resultados.
Rol responsable	Comprador.
Roles participantes	Usuarios.
	Proveedor.
	Encargado de calidad del comprador.
	Encargado de calidad del proveedor.
Descripción	Se contrastan los resultados obtenidos, frente a los criterios de aceptación definidos para decidir si el producto será aceptado o no. Esta actividad debe realizarse por cada entrega funcional parcial del producto.
Entradas	Plan de aceptación.
	Informes del proveedor.
Salidas	Informe de resultados.
Tareas	1) Realizar las pruebas necesarias para comprobar que se cumplen los criterios de aceptación.
	2a) Si los criterios se cumplen, aceptar el producto mediante los mecanismos definidos en el protocolo de aceptación.
	2b) Si los criterios no se cumplen, registrar la no conformidad, e informar al proveedor que no se acepta el producto.
	3) Registrar y comunicar resultado de la actividad.
Activos relacionados	Plan de aceptación.
	Informe de resultados.
	Registro de no conformidades.
	Registro de actividad realizada.

La Figura 4. 20 muestra la secuencia de las tareas necesarias para ejecutar la actividad 4.2 "*Contrastar los resultados*". También se muestra la interacción de las distintas tareas con los activos que apoyan su realización. En esta figura, la tarea "*Corregir producto*" es externa a la metodología, se incluye para demostrar que no es posible continuar con la siguiente actividad, mientras el producto de software entregado por el proveedor no cumpla los criterios de aceptación establecidos. Una vez realizadas las correcciones, se reingresa al proceso de MACAD-PP para realizar las actividades 3.3 "*Ejecutar plan de validación y verificación*" (véase Figura 4. 18).

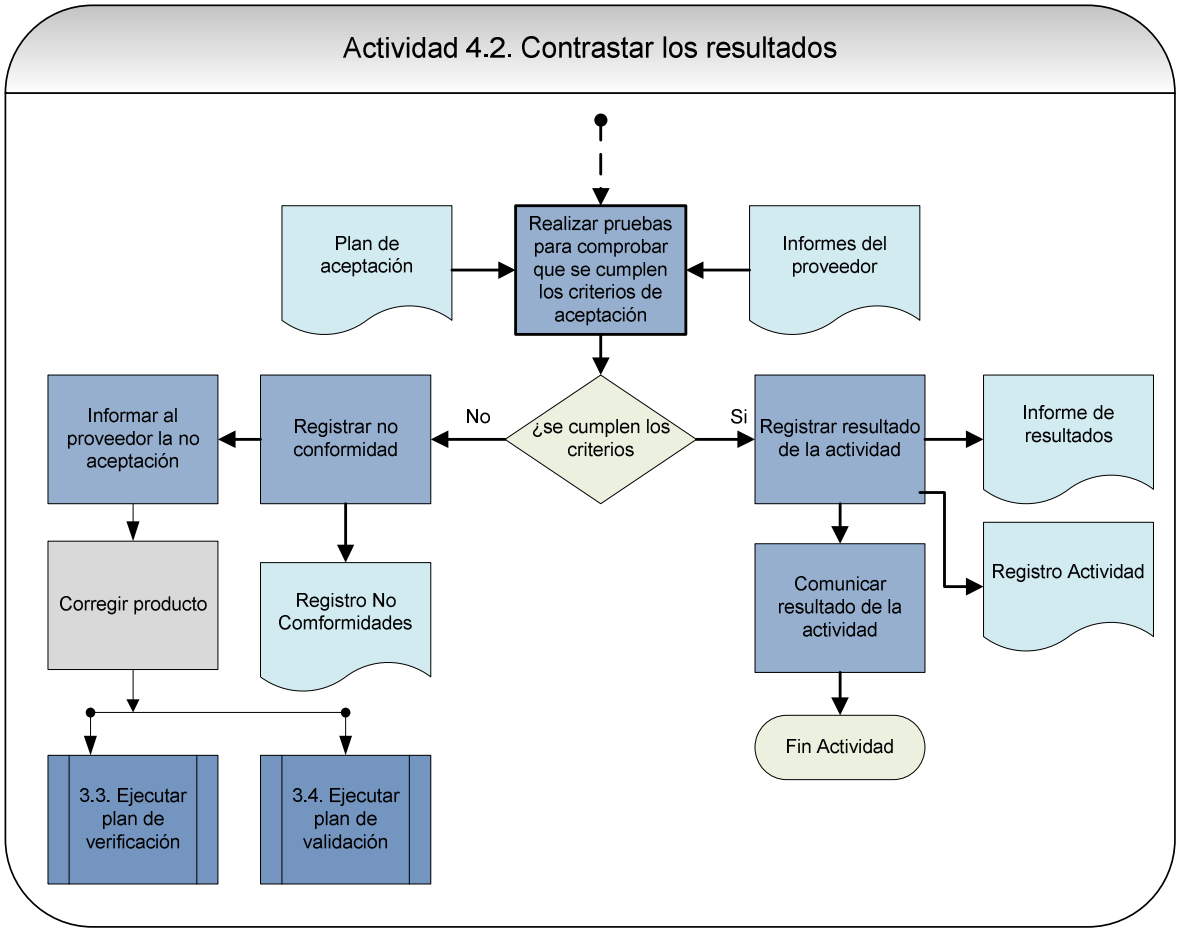

Figura 4. 20.- Diagrama de la actividad 4.2 "*Contrastar los resultados*"

La Tabla 4 - 16 describe la actividad 4.3 "*Ejecutar protocolo de aceptación*".

Tabla 4 - 16.- Actividad 4.3 "*Ejecutar protocolo de aceptación*"

Etapa en que se desarrolla	4. Aceptación.
Actividad	4.3. Ejecutar protocolo de aceptación.
Rol responsable	Comprador.
Roles participantes	Usuarios.
	Proveedor.
	Encargado de calidad del comprador.
	Encargado de calidad del proveedor.
Descripción	Se realizan las actividades definidas en el protocolo de aceptación. Esta actividad debe realizarse por cada entrega funcional parcial del producto.
Entradas	Protocolo de aceptación.
	Informes del proveedor.
Salidas	Informe de aceptación.
Tareas	1) Realizar las actividades definidas en el protocolo de aceptación.
	2) Registrar la realización de cada actividad.
	3) Iniciar procesos de pago asociados.
	4) Informar y registrar término de proyecto (o de iteración).
	5) Registrar y comunicar resultado de la actividad.
Activos relacionados	Protocolo de aceptación.
	Informe de aceptación.
	Registro de actividad realizada.

La Figura 4. 21 muestra la secuencia de las tareas necesarias para ejecutar la actividad 4.3 "*Ejecutar protocolo de aceptación*". También se muestra la interacción de las distintas tareas con los activos que apoyan su realización.

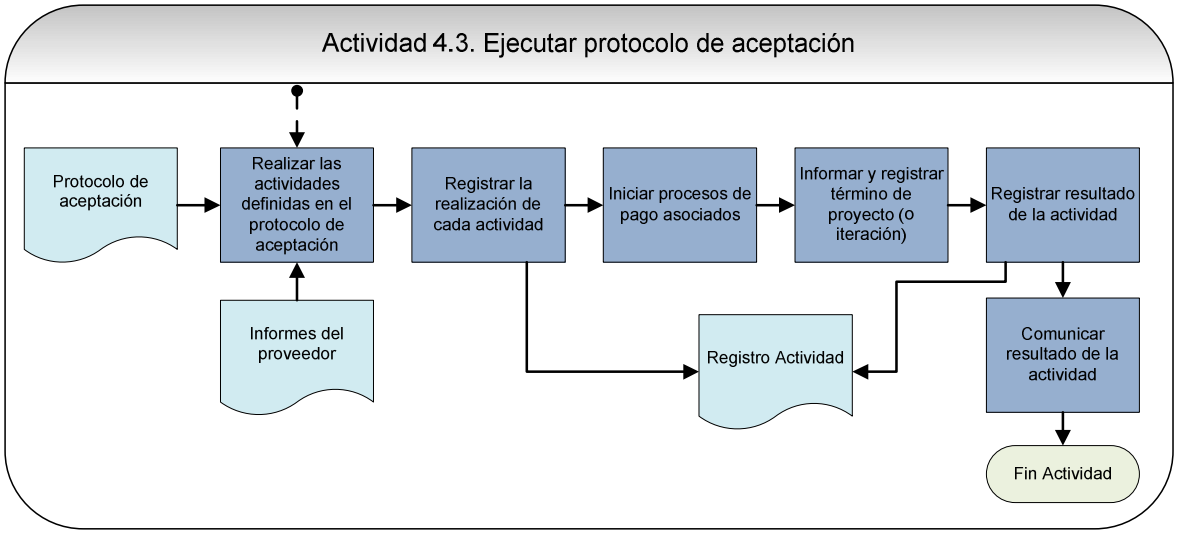

Figura 4. 21.- Diagrama de la actividad 4.3 "*Ejecutar protocolo de aceptación*"

La Tabla 4 - 17 describe la actividad 5.1 "*Evaluar al proveedor*".

Tabla 4 - 17.- Actividad 5.1 "*Evaluar al proveedor*"

Etapa en que se desarrolla	5. Seguimiento.
Actividad	5.1. Evaluar al proveedor.
Rol responsable	Comprador.
Roles participantes	Usuarios.
	Encargado de calidad del comprador.
Descripción	Se evalúa el rendimiento del proveedor con el fin de actualizar su historial y tenerlo en cuenta en futuros proyectos de adquisición.
Entradas	Informe de resultados.
Salidas	Evaluación del proveedor.
Tareas	1) Con la ayuda del formulario de evaluación de proveedores, realizar la evaluación del rendimiento del proveedor.
	2) Registrar e informar los resultados de la evaluación.
Activos relacionados	Formulario de evaluación del proveedor.
	Registro de actividad realizada.

La Figura 4. 22 muestra la secuencia de las tareas necesarias para ejecutar la actividad 5.1 "*Evaluar al proveedor*". También se muestra la interacción de las distintas tareas con los activos que apoyan su realización.

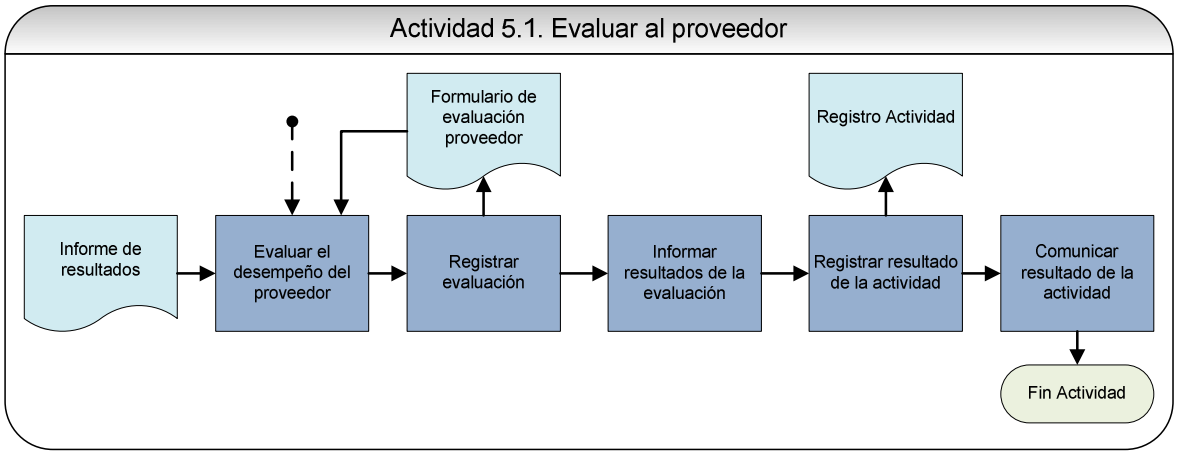

Figura 4. 22.- Diagrama de la actividad 5.1 "*Evaluar al proveedor*"

La Tabla 4 – 18 describe la actividad 5.2 "*Evaluar los resultados del proyecto*".

Tabla 4 - 18.- Actividad 5.2 "*Evaluar los resultados del proyecto*"

Etapa en que se desarrolla	5. Seguimiento.
Actividad	5.2. Evaluar los resultados del proyecto.
Rol responsable	Comprador.
Roles participantes	Usuarios.
	Encargado de calidad del comprador.
Descripción	Se evalúan los resultados del proyecto finalizado con el fin de actualizar las lecciones aprendidas y tenerlas en cuenta en futuros proyectos de adquisición.
Entradas	Informe de resultados.
Salidas	Evaluación del proyecto.
Tareas	1) Con la ayuda del formulario de evaluación de proyecto, realizar la evaluación del desarrollo del proyecto.
	2) Registrar e informar los resultados de la evaluación.
Activos relacionados	Formulario de evaluación del proyecto.
	Registro de actividad realizada.

La Figura 4. 23 muestra la secuencia de las tareas necesarias para ejecutar la actividad 5.2 "*Evaluar los resultados del proyecto*". También se muestra la interacción de las distintas tareas con los activos que apoyan su realización.

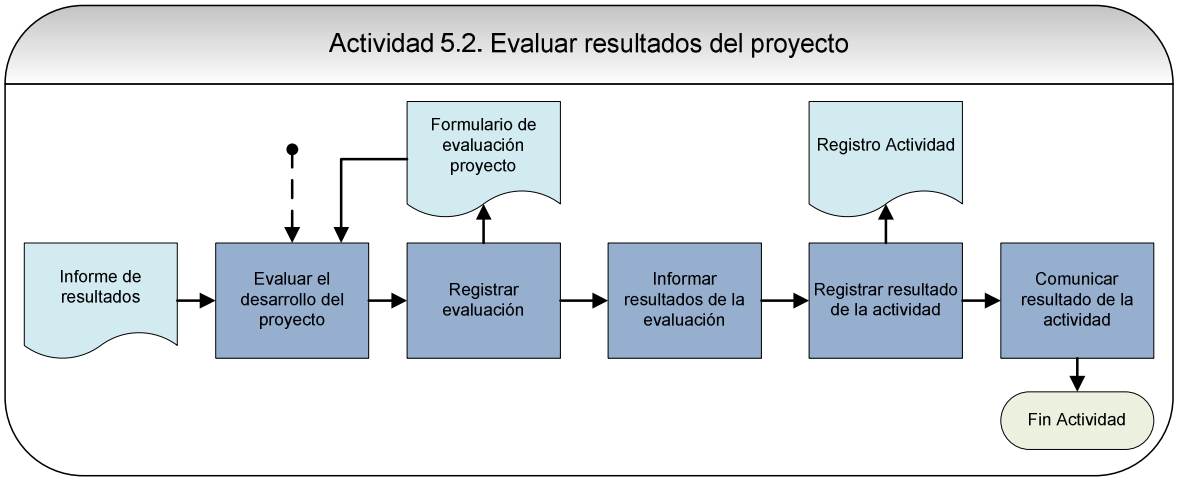

Figura 4. 23.- Diagrama de la actividad 5.2 "*Evaluar los resultados del proyecto*"

4.4. RESPONSABLES Y PARTICIPANTES

Como se puede observar en la descripción de cada actividad, los diversos roles identificados tienen participación en distintas actividades de la metodología. Con el fin de tener una visión global de la relación roles-actividades, se presenta la Tabla 4 - 19. Aquí, las columnas de la tabla representan los diversos roles, y las filas las actividades de MACAD-PP. Aquellas actividades marcadas con una letra ***P***, indican que el rol participa en la actividad, mientras que la letra ***R*** indica que el rol es el responsable de la realización de la actividad.

Tabla 4 - 19.- Matriz de responsabilidades de las actividades de MACAD-PP

Actividad	Comprador	Usuario	Proveedor	Encargado Calidad Comprador	Encargado Calidad Proveedor	Equipo Desarrollo	Encargado Compras
1.1. Revisar licitación.	P			R			P
1.2. Definir los criterios de selección del proveedor.	R			P			P
1.3. Definir los criterios de calidad para el proceso.	P			R			
1.4. Definir los criterios de calidad para el producto.	P			R			
1.5. Definir versión 0 del plan de aceptación.	P	P		R			
1.6. Definir protocolo de aceptación.	P	P		R			
2.1. Asignar responsabilidades relacionados con PPQA.	P	P	P	R	P		
2.2. Revisar el contrato.	R		P	P			
2.3. Ajustar el plan de aceptación.	P		P	R	P		
2.4. Ajustar protocolo de aceptación.	P		P	R	P		
3.1. Revisar el plan de aceptación.				R	P		
3.2. Revisar la especificación de requisitos de software.		P		P	R	P	
3.3. Ejecutar plan de validación y verificación.		P		P	R	P	
4.1. Revisar los reportes del proveedor.				R	P		
4.2. Contrastar los resultados.	R	P	P	P	P		
4.3. Ejecutar protocolo de aceptación.	R	P	P	P	P		
5.1. Evaluar al proveedor.	R	P		P			
5.2. Evaluar resultados del proyecto.	R	P		P			

4.5. DESCRIPCIÓN DE LOS ACTIVOS DE PROCESOS

Las actividades de la metodología propuesta se realizan con la ayuda de un conjunto de activos que guían su desarrollo y aplicación. Cada uno de estos activos, se estructura con distintos artefactos que lo componen. Esto es, los activos que se utilizan como entradas a una actividad o para generar resultados de alguna actividad, se forman de los siguientes elementos:

- Una descripción detallada y operativa de su objetivo y uso.
- Una plantilla que define su contenido y formato.
- Una lista de comprobación para asegurar que ha sido utilizado e interpretado de manera correcta y completa.

La metodología considera distintos tipos de activos, que se describen en la Tabla 4 - 20.

Tabla 4 - 20.- Tipos de activos

Tipo de Activo	Descripción
Catálogos	Los catálogos describen en forma ordenada elementos, criterios o mecanismos que deben utilizarse en la aplicación de la metodología. El contenido de un catálogo sirve como punto inicial para la selección de los objetos básicos que pueden utilizarse de guía y ejemplo en la aplicación de MACAD-PP.
Documentos guías	De todos los activos, este tipo es el más importante, dado que definen y guían el proceso de aplicación de la metodología. Aquí se incluyen los documentos de especificación y aquellos que planifican las actividades a desarrollar.
Documentos de aceptación	Este tipo de documento se genera después de una revisión, como evidencia de la aceptación de algún documento o actividad realizada.
Listas de comprobación	Las listas de comprobación se utilizan para revisar documentos o actividades, con el objetivo de determinar si dicho elemento cumple con las características deseadas, definidas previamente.
Registros	Este tipo de activos se utilizan como evidencias de las actividades realizadas.
Formularios	Los formularios son las plantillas que permiten generar los informes, definiendo el contenido de los mismos.
Informes	Deben generarse para comunicar los resultados de algunas actividades.

A continuación, se presenta la descripción de cada activo, organizados según el elemento o actividad a la cual están asociados. Las plantillas y listas de comprobación se encuentran en el Anexo A.

4.5.1. *Revisar la licitación*

Como se ha mencionado en las restricciones de aplicación de la metodología (véase la Figura 4. 2), la organización que compra el producto de software, debe realizar formalmente el proceso de licitación, esto es, debe existir un documento de licitación. Este documento debe ser revisado para asegurar que cumpla con ciertas características de calidad. Los activos relacionados con la licitación son:

- ***Lista de comprobación de la licitación***. Define los criterios y características que debe cumplir la licitación y los aspectos que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar la revisión.
- ***Documento de aceptación de la licitación***. Una vez realizada la revisión, si se cumplen las características deseadas, se debe dejar evidencia que se realizó la actividad y que la licitación ha sido aceptada.

4.5.2. *Revisión del contrato*

La segunda de las restricciones de aplicación de la metodología (véase la Figura 4. 2), es que la organización que compra el producto de software, debe gestionar formalmente los acuerdos con el proveedor, esto es, debe existir un contrato. Este documento debe ser revisado para asegurar que cumpla con ciertas características de calidad. Los activos relacionados con el contrato son:

- ***Lista de comprobación del contrato***. Define los criterios y características que debe cumplir el contrato y los aspectos que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar la revisión.
- ***Documento de aceptación del contrato***. Una vez realizada la revisión, si se cumplen las características deseadas, se debe dejar evidencia que se realizó la actividad y que el contrato ha sido aceptado.

4.5.3. *Revisión de la Especificación de Requisitos de Software*

La última restricción de aplicación de la metodología (véase la Figura 4. 2), es que la organización que compra el producto de software debe documentar formalmente los requisitos de software. Esto es, debe existir una ERS. Este documento debe ser revisado para asegurar que cumpla con ciertas características de calidad y que, además, cada requisito cumple con las características deseadas. Los activos relacionados con la especificación de requisitos son:

- ***Lista de comprobación para la ERS***. Define los criterios y características que debe cumplir el documento de especificación y cada requisito en particular, y los aspectos que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar la revisión.
- ***Documento de aceptación de la ERS***. Una vez realizada la revisión, si se cumplen las características deseadas, se debe dejar evidencia que se realizó la actividad y que la ERS ha sido aceptada.

4.5.4. *Definición de criterios*

Como se planteó en el estado del arte (véase capítulo 2), una de las etapas de la gestión de calidad es la planificación de la calidad. Esta se encarga de definir el marco de calidad que posteriormente será aplicado a los proyectos de adquisición. En el caso de MACAD-PP, la planificación está relacionada, entre otras cosas, con la definición de los criterios que serán aplicados en cada proyecto de adquisición. Estos criterios se utilizan para la selección de los proveedores que suministrarán el producto de software. También se deben definir los criterios de calidad que se usarán posteriormente para evaluar el proceso desarrollado y el producto final adquirido. Estas definiciones se realizan en base a un conjunto de catálogos creados previamente. Los activos relacionados son:

- ***Catálogo de criterios de selección de proveedores***. Este catálogo provee la identificación y descripción de un conjunto de criterios estándares, básicos

aplicables a la selección de proveedores. Éstos pueden ser utilizados como punto de partida en la selección de los criterios que se aplicarán en un proyecto específico.

- ***Especificación de los criterios de selección***. Este documento formaliza el conjunto de criterios que serán aplicados para seleccionar a los proveedores en un proyecto de adquisición específico. Se genera con la ayuda del *catálogo de criterios de selección de proveedores*.
- ***Catálogo de criterios de calidad para el proceso***. Este catálogo provee la identificación y descripción de un conjunto de criterios estándares, básicos aplicables a los procesos de adquisición del software. Serán utilizados para evaluar el rendimiento del proceso. También pueden ser utilizados como punto de partida en la selección de los criterios que se aplicarán en un proyecto específico.
- ***Especificación de los criterios de calidad para el proceso***. Este documento formaliza el conjunto de criterios que serán aplicados en el proceso desarrollado en un proyecto de adquisición específico. Se genera con la ayuda del *catálogo de criterios de calidad para el proceso*.
- ***Catálogo de criterios de calidad para el producto***. Este catálogo provee la identificación y descripción de un conjunto de criterios estándares, básicos aplicables a los productos (intermedios y finales) en adquisición. Serán utilizados para evaluar producto obtenido. También pueden ser utilizados como punto de partida en la selección de los criterios que se aplicarán en un proyecto específico.
- ***Especificación de los criterios de calidad para el producto***. Este documento formaliza el conjunto de criterios que serán aplicados a los productos generados en un proyecto de adquisición específico. Se genera con la ayuda del *catálogo de criterios de calidad para el producto*.

4.5.5. *Plan de aceptación*

El plan de aceptación es el principal activo de la aplicación de la metodología. Este es el documento que define el marco de calidad para un proyecto de adquisición específico. En él se definen todos los aspectos a tener en consideración en la gestión de calidad del proyecto. Se crea a partir de una serie de catálogos y otros documentos menores que lo forman. Los activos relacionados con el plan de aceptación son:

- ***Catálogo de mecanismos de control de cambio***. Este catálogo provee la identificación y descripción de algunos mecanismos básicos de control de cambio, aplicables a proyectos de adquisición. Éstos pueden ser utilizados como punto de partida en la selección y definición de los mecanismos que se aplicarán en un proyecto específico.
- ***Catálogo de actividades de PPQA***. Este catálogo provee la identificación y descripción de actividades de aseguramiento de calidad, aplicables a proyectos de adquisición. Éstos pueden ser utilizados como punto de partida en la selección y definición de las actividades que se aplicarán en un proyecto específico.

- ***Catálogo de mecanismos de resolución de problemas***. Este catálogo provee la identificación y descripción de algunos mecanismos básicos de resolución de problemas, aplicables a proyectos de adquisición. Éstos pueden ser utilizados como punto de partida en la selección y definición de los mecanismos que se aplicarán en un proyecto específico.
- ***Catálogo de mecanismos de comunicación***. Este catálogo provee la identificación y descripción de algunos mecanismos básicos de comunicación, aplicables a proyectos de adquisición. Éstos pueden ser utilizados como punto de partida en la selección y definición de los mecanismos que se aplicarán en un proyecto específico.
- ***Matriz de responsabilidades***. Una vez identificadas las actividades de PPQA concretas a realizar en un proyecto, se debe asignar la responsabilidad de cada una de ellas a los distintos roles participantes en el proyecto. Esta relación actividad/rol genera la matriz de responsabilidades.
- ***Protocolo de aceptación***. Este activo define las actividades a realizar para formalizar la aceptación de los productos generados en el proyecto de adquisición.
- ***Plan de aceptación***. Es el documento que formaliza el marco de gestión de calidad para un proyecto de adquisición específico.
- ***Lista de comprobación del plan de aceptación***. Define los criterios y características que debe cumplir el plan de aceptación, y los aspectos que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar su revisión.

4.5.6. *Activos relacionados con las actividades del proveedor*

Como se describe en la identificación de roles participantes en la metodología (véase sección 4.2 del presente capítulo), el proveedor y equipo de desarrollo deben realizar algunas de las actividades de MACAD-PP. Estas actividades están directamente relacionadas con la verificación y validación de los productos generados. Los activos que apoyan estas actividades son:

- ***Informe de verificación del proveedor***. Este activo define los resultados esperados del plan de verificación del equipo desarrollador. Es la evidencia de las actividades de verificación realizadas.
- ***Informe de validación del proveedor***. Este activo define los resultados esperados del plan de validación del equipo desarrollador. Es la evidencia de las actividades de validación realizadas.
- ***Lista de comprobación de los informes del proveedor***. Define el contenido mínimo y las características que deben cumplir los informes generados por el proveedor, y los aspectos que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar su revisión.
- ***Documento de aceptación de los informes del proveedor***. Una vez realizada la revisión, si los informes cumplen las características y los contenidos deseados, se debe dejar evidencia que se realizó la actividad y que los informes han sido aceptados.

4.5.7. *Actividades de cierre del proyecto*

Al finalizar el proyecto de adquisición, se generan una serie de documentos que permiten realizar el análisis de los resultados obtenidos, y del rendimiento del proceso. Los activos relacionados son:

- ***Informe de resultados***. Este informe resume los resultados de las pruebas de aceptación de los productos desarrollados.
- ***Informe de aceptación***. Es la formalización de la aceptación del producto final o alguna versión parcial ejecutable del producto final.
- ***Formulario de evaluación del proveedor***. Este activo es utilizado para realizar la evaluación del rendimiento del proveedor durante el proyecto. El uso de un formulario permite realizar una evaluación estandarizada y objetiva.
- ***Formulario de evaluación del proyecto***. Este activo es utilizado para realizar la evaluación de los resultados obtenidos en el proyecto. El uso de un formulario permite realizar una evaluación estandarizada y objetiva, que incorpore las fortalezas y oportunidades de mejora para tenerlos en cuenta en futuros proyectos.

4.5.8. *Otros documentos*

Para cada actividad desarrollada, se crean evidencias de su realización y resultados. Los activos relacionados son:

- ***Registro de no conformidades***. Este documento permite registrar que alguna actividad no ha sido realizada bajo los estándares o criterios definidos o que los productos desarrollados no cumplen las características deseadas.
- ***Registro de actividad realizada***. Es la evidencia de las actividades realizadas y sus principales resultados.

CAPÍTULO 5: EXPERIMENTACIÓN

5. EXPERIMENTACIÓN

5.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se presenta el desarrollo de un estudio de caso desarrollado con el objetivo de validar las hipótesis de trabajo planteadas al inicio de la tesis.

La hipótesis principal planteada es la que a continuación se indica:

"*La aplicación en las PYMEs de una metodología que incorpore actividades de revisión, verificación y validación sobre las tareas realizadas como parte del ciclo de vida de la adquisición de un producto software, y además sobre los productos de trabajo obtenidos en cada etapa de este ciclo, contribuye a asegurar la calidad del producto adquirido, considerando aspectos de cumplimiento de presupuesto, planificación temporal y estándares de calidad definidos en base a patrones de proyectos de adquisición*".

Esta hipótesis se desglosa en otras secundarias, generadas a partir de un conjunto de hechos observados en los procesos de adquisición de software. Dichas hipótesis secundarias son las siguientes:

a) La definición de una metodología de aseguramiento de calidad creada en base a adaptaciones de los modelos y estándares de adquisición, permitirá la mejora de los procesos de adquisición de las pequeñas y medianas empresas.
b) La identificación de patrones de proyectos de adquisición permite una adaptación más rápida y eficaz de los proyectos de adquisición de software particular.
c) La definición de una metodología de aseguramiento de calidad para la adquisición del software, que se enmarque dentro del proceso de compra de una organización, permitirá mejorar la implantación de la metodología en una organización.

Dado que la contrastación de las hipótesis se realizará mediante técnicas de diseño de experimentos para ingeniería de software, en la próxima sección se explica este aspecto, para su posterior aplicación.

5.2. DISEÑO DE EXPERIMENTOS PARA INGENIERÍA DE SOFTWARE

A pesar de que la ingeniería de software es una disciplina que se basa en la creatividad e ingenio de quienes la practican, cuando se estudia y se realiza investigación, ésta se debe tratar como una ciencia [63]. Por lo tanto, teniendo en cuenta que la experimentación es una parte importante del conocimiento científico [64], es necesario analizar, estudiar y utilizar los métodos de

investigación cuando se trata de validar científicamente alguna propuesta en el campo de la ingeniería de software.

Las estrategias empíricas existentes para el desarrollo de experimentos en ingeniería de software incluyen encuestas, estudios de caso y experimentos. [63]

Por medio del estudio de la propuesta de experimentación para ingeniería de software de Wohlin [60], se ha determinado que el método de investigación que más se adecua a la validación de la tesis es el Estudio de Caso.

A continuación, se presentan algunos aspectos importantes del Estudio de caso, que se deben tener en consideración para su uso.

5.2.1. *Casos de estudio*

En la Figura 5. 1 se muestra gráficamente las características de los casos de estudio como método de investigación, a partir de la definición dada por Wohlin [60]. Es importante destacar que este método de investigación es empírico, por lo cual se puede orientar tanto para la investigación cualitativa como para la investigación cuantitativa [60].

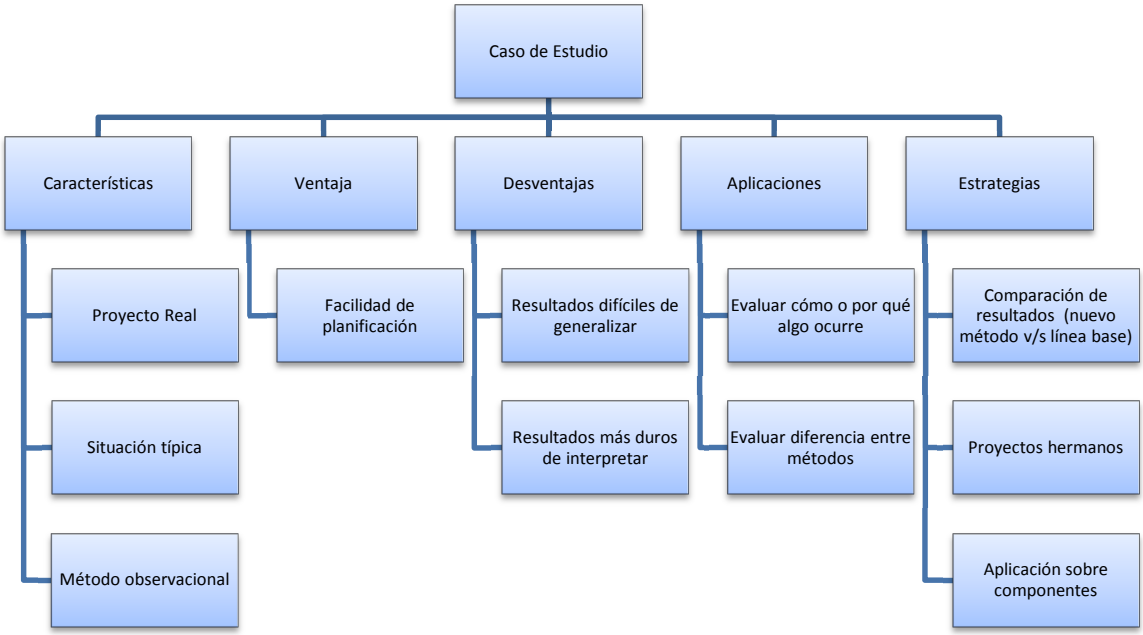

Figura 5. 1.- Características del estudio de caso

Según Wohlin [60], existen tres estrategias para los estudio de caso (véase Figura 5. 1):

a) Comparar resultados entre una nueva propuesta y una línea base.
b) Desarrollar dos proyectos en paralelo ("proyectos hermanos"), eligiendo uno de ellos como base.

c) Aplicar la nueva propuesta sobre algunos componentes seleccionados y comparar los resultados de éstos versus aquellos componentes en los cuales no se aplicó.

Para el caso de ***MACAD-PP***, se aplicará la tercera estrategia, aplicar la nueva propuesta sobre algunos componentes seleccionados y comparar los resultados de éstos, versus aquellos componentes en los cuales no se aplicó. Dado que el estudio de caso es el desarrollo de un producto de software utilizando un proceso de desarrollo iterativo e incremental, se realizará una iteración sin la aplicación de ***MACAD-PP***, y la segunda y tercera iteración será incorporando esta metodología de gestión de calidad. Lo anterior, permitirá comparar los resultados sin considerar el uso de ***MACAD-PP*** versus su utilización.

5.2.2. *Proceso del diseño de experimentos*

Como ya se ha mencionado, para la contrastación de las hipótesis asociadas a la creación de ***MACAD-PP*** se utilizará el estudio de caso descrito por Wohlin [63]. El proceso a seguir para el diseño y desarrollo del estudio se muestra en la Figura 5. 2, adaptada de [63].

Figura 5. 2.- Proceso para el diseño de experimentos según Wohlin

A continuación se presenta una breve descripción de cada etapa del proceso.
Definición: en esta etapa se define el experimento, en términos de problema, objetivos y metas. Además, la hipótesis debe quedar claramente establecida.
Planificación: se determina el diseño detallado del experimento, se consideran los instrumentos y se evalúan las amenazas. Se determinan las variables del experimento y sus escalas de valores.
Operación: se recolectan las mediciones. Se divide en tres pasos: preparación, ejecución y validación de datos. Durante la preparación, se debe definir el medio de recolección de los datos e informar a los participantes de los objetivos del experimento para conseguir su compromiso. Durante la ejecución, se debe velar porque se cumpla el diseño y planificación del experimento. La validación

debe asegurar que los datos recolectados proveen una visión válida del experimento.
Análisis e interpretación: las mediciones recolectadas en la etapa anterior son analizadas y evaluadas. En esta etapa se pueden utilizar métodos estadísticos y técnicas de visualización. La interpretación de los datos es la que permite determinar si la hipótesis se valida o no.
Presentación y empaquetamiento: se presentan las conclusiones y hallazgos realizados. Esto incluye la generación de documentación con los resultados del experimento. En esta etapa es importante asegurar que las lecciones aprendidas se registren y se tomen en cuenta en un próximo experimento.

5.3. EXPERIMENTACIÓN DE MACAD-PP

A continuación, se muestra la aplicación y adaptación del proceso para el diseño de experimentos mostrado en la Figura 5. 2 en la preparación de la experimentación de ***MACAD-PP***.

5.3.1. *Definición*

El experimento se desarrollará para demostrar la validez y utilidad de ***MACAD-PP***. Esto permitirá contrastar la hipótesis que dio inicio a la creación de esta metodología (véase Figura 5. 3).

La aplicación en las PYMEs de una metodología que incorpore actividades de revisión, verificación y validación sobre las tareas realizadas como parte del ciclo de vida de la adquisición de un producto software, y además sobre los productos de trabajo obtenidos en cada etapa de este ciclo, contribuye a asegurar la calidad del producto adquirido, considerando aspectos de cumplimiento de presupuesto, planificación temporal y estándares de calidad definidos en base a patrones de proyectos de adquisición

Figura 5. 3.- Hipótesis principal

El objetivo del experimento es aplicar ***MACAD-PP*** en un caso real, donde una PYME adquiera un producto de software a la medida. El experimento consistirá en un Estudio de Caso y tendrá un enfoque cualitativo.

5.3.2. *Planificación*

El experimento se desarrollará aplicando ***MACAD-PP*** en la adquisición por parte de un colegio de párvulos (en Chile se conocen como Jardín Infantil) de un Sistema de Gestión, denominado "Administrador Jardín Takinki".

Este es un proyecto social desarrollado por la Universidad Católica del Norte, en la ciudad de Antofagasta, Chile.
El equipo desarrollador está formado por tres estudiante de quinto año de la carrera de pregrado de Ingeniería Civil en Computación e Informática. El desarrollo de esta actividad es parte de la asignatura de Ingeniería de Software II y es coordinada y supervisada por un académico del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Católica del Norte, Dr. Jaime Pavlich Mariscal.

El equipo de validación está formado por un alumno tesista de la carrera de pre grado de Ingeniería de Ejecución en Computación e Informática. Este alumno desarrolló las labores de encargado de calidad del cliente.

Dadas las características del proyecto, no se aplicaron todas las actividades propuestas por ***MACAD-PP***. Se suprimieron las actividades asociadas a la licitación, dado que ésta no se realizó (el desarrollo no tuvo costes monetarios para el cliente). Por la misma causa, no existe un contrato formal, por lo cual tampoco se incluyó la actividad de revisión del contrato. La Figura 5. 4 muestra las actividades desarrolladas en las dos iteraciones consideradas.

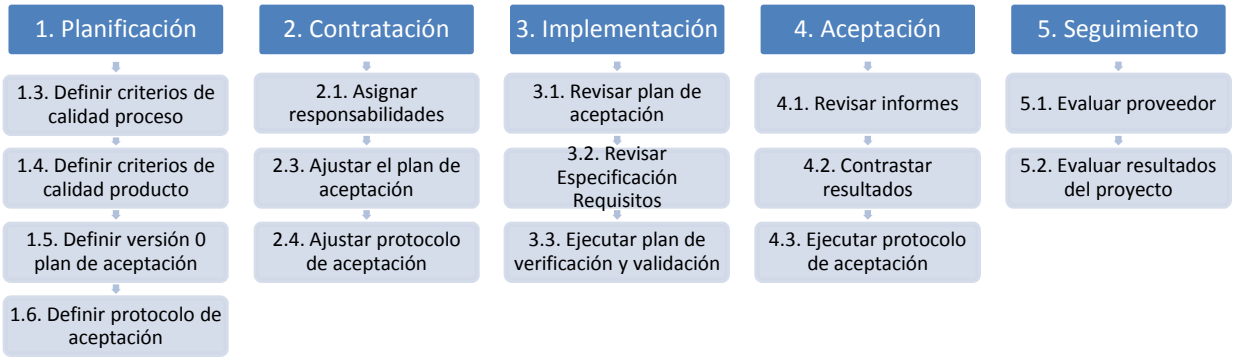

Figura 5. 4.- Adaptación de MACAD-PP para el Sistema Administrador Jardín Takinki

En el anexo C, se encuentran los detalles de la aplicación de MACAD-PP al proceso de adquisición del Sistema Administrador Jardín Takinki, así como la descripción del sistema a realizar por el equipo desarrollador.

En cuanto a las variables que se consideraron, la Tabla 5 - 1 presenta las variables a recolectar, una breve descripción, cómo se calcula y su escala de valores válidos.

Tabla 5 - 1.-. Descripción de las variables utilizadas en el experimento

Variable	Descripción	Cálculo	Escala
TELC	Tasa de errores detectados por líneas de código implementadas	Errores detectados/LOC	0 a 1
DESPLAN	Desviación en tiempo de la planificación original	Duración real iteración/duración planificada	Número real
PREQ	Porcentaje de requisitos comprometidos y efectivamente implementados	(Cantidad requisitos implementados / Cantidad requisitos comprometidos) * 100	0 a 100
SATUS	Satisfacción del usuario. Se considerará por separado la satisfacción del cliente y del encargado de calidad. Para la comparación, se usará el promedio de estos dos valores	Medida subjetiva que entrega el cliente o usuario según su apreciación expresada en una entrevista realizada.	0 a 100

5.3.3. *Operación*

La Tabla 5 - 2 muestra los valores observados para cada variable en cada una de las iteraciones desarrolladas.

Tabla 5 - 2.- Valores de las variables en cada iteración

Variable	Iteración 0	Iteración 1	Iteración 2
TELC	0,4	0,2	0,18
DESPLAN	1,67	1,33	1
PREQ	100%	100%	100%
SATUS	60%	85%	90%

La Iteración 0 corresponde a la iteración de control sin aplicación de ***MACAD-PP***. Las siguientes dos iteraciones incorporaron el uso de la metodología.

5.3.4. *Análisis e Interpretación*

A continuación, para cada indicador considerado se presenta un análisis gráfico y su interpretación. Dicha interpretación fue realizada mediante conversaciones y análisis con el encargado de calidad del cliente.

a) Tasa de errores

Como se indicó en la Tabla 5 - 1, la variable TELC representa la tasa de errores encontrados por el cliente, luego de la entrega de un producto ejecutable por parte del equipo desarrollador, y se calcula como lo indica la siguiente fórmula:

$$TELC = \frac{errores}{LOC}$$

Donde:
errores: es la cantidad de errores encontrados por el cliente
LOC: es la cantidad de líneas de código implementadas

Esta variable puede tomar valores entre 0 y 1, donde el valor ideal es el 0, dado que representa la ausencia de errores y el peor valor es el 1 dado que representa que se encontró un error por cada línea implementada. Por lo tanto, mientras más cercano a cero esté este valor, es mejor. Los valores del indicador TELC muestran que en la iteración en que no se utilizó MACAD-PP, se encontraron por parte del cliente el doble de errores que con la aplicación de la metodología (véase Figura 5. 5).

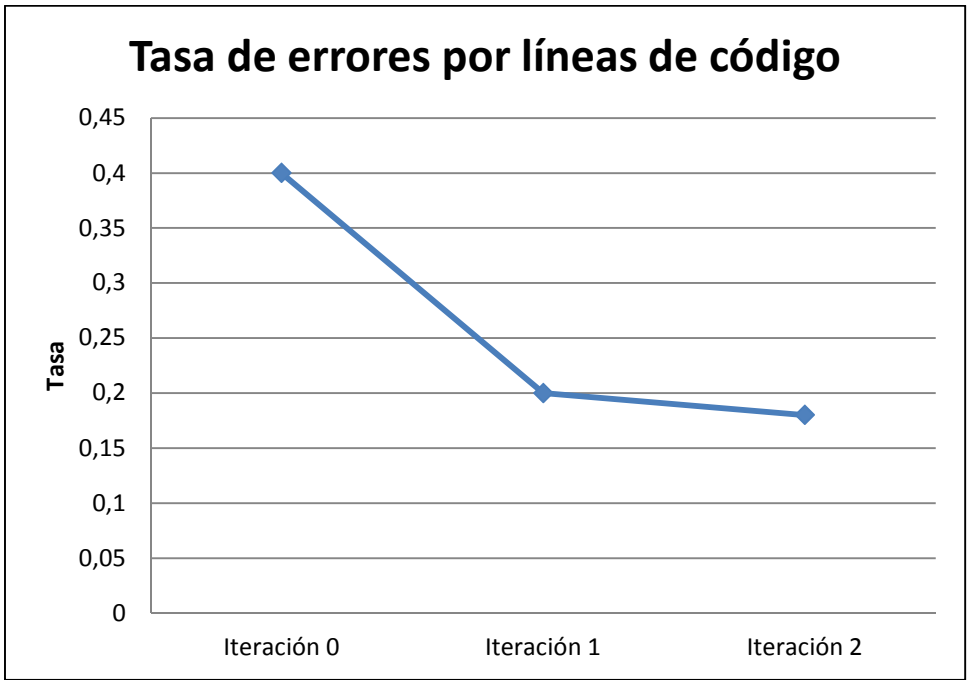

Figura 5. 5.- Gráfico de evolución de la variable TELC

La explicación de este resultado, según los análisis y conversaciones sostenidas con el Encargado de Calidad del cliente, se debe a que en la primera iteración el equipo desarrollador no realizó suficientes actividades de verificación y validación del producto entregado, situación que cambió drásticamente al momento de acordar - producto de la actividad de definición del plan de aceptación incorporado en ***MACAD-PP-*** las actividades mínimas de V&V a desarrollar.

b) Índice de Plazos

La variable DESPLAN representa el desvío existente en la planificación de una iteración, y se calcula como se muestra a continuación:

$$\text{DESPLAN} = \frac{\text{duración real}}{\text{duración planificada}}$$

Donde:
duración real: es el tiempo medido en semanas, que duró una iteración.
duración planificada: corresponde al tiempo medido en semanas, que originalmente estaba estimado para la iteración.

Esta variable toma sus valores de los números reales. Si el valor es igual a 1, significa que la iteración duró exactamente el tiempo planificado. Si el valor de la variable es mayor a 1, significa que la iteración duró más de lo planificado, y si el valor es menor a 1, significa que el tiempo que tomó la iteración es menor a lo planificado. El valor ideal es estar cercano a 1. Mientras más alto es el valor de la variable, el resultado es peor.

En la primera iteración (estimada en 3 semanas), los plazos no fueron cumplidos, existió una extensión del plazo en casi un 50% más de lo estimado. Al comenzar a utilizar ***MACAD-PP*** se consiguió un ajuste y mejora en los tiempos estimados (véase Figura 5. 6).

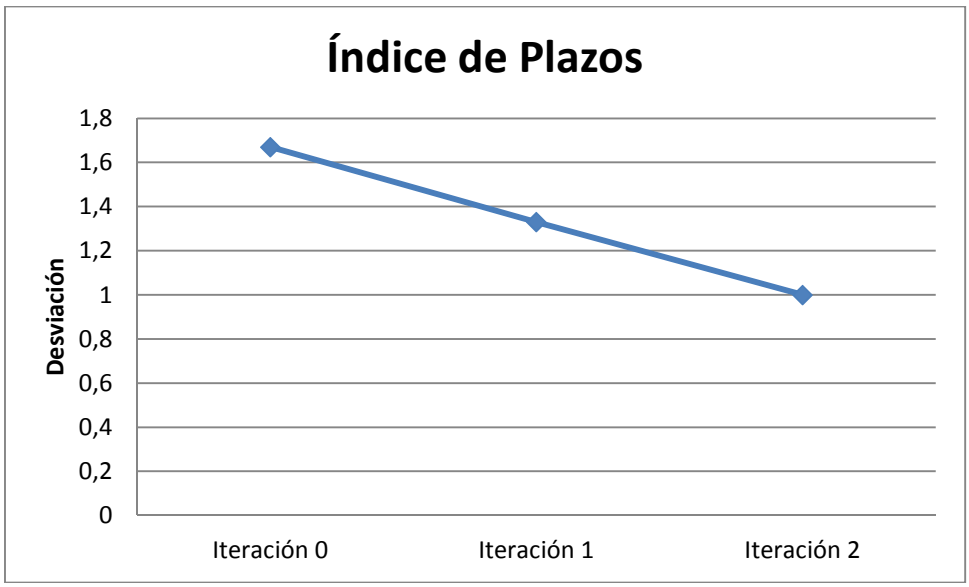

Figura 5. 6.- Gráfico de evolución de la variable DESPLAN

Las mejoras obtenidas en este indicador en la segunda y tercera iteración se deben a la formalización de los mecanismos de comunicación y control de cambios definidos por ***MACAD-PP***.

También se observó que la revisión de la especificación de requisitos ayudó a conseguir una planificación más ajustada a la realidad.

c) Cumplimiento de requisitos

La variable PREQ representa el cumplimiento de los requisitos, esto es, qué porcentaje de los requisitos comprometidos para una iteración fueron efectivamente implementados en dicha iteración. Su valor se calcula según la siguiente fórmula:

$$PREQ = \left(\frac{requisitos\ implementados}{requisitos\ comprometidos}\right) \times 100$$

Donde:
requisitos implementados: es la cantidad de requisitos funcionales que fueron implementados en la iteración.
requisitos comprometidos: es la cantidad de requisitos funcionales que estaban planificados para ser implementados en la iteración.

Esta variable, al ser un porcentaje, toma valores entre 0 y 100, siendo el valor ideal el 100%, dado que representa que la totalidad de requisitos comprometidos fueron efectivamente implementados (independiente de que tuviesen algún error). El valor 0 representa que ningún requisito fue implementado de manera correcta en la iteración. Los valores cercanos a 100 son los deseables para esta variable.

Durante el desarrollo del experimento, se observó que independiente de la aplicación de MACAD-PP en todas las iteraciones, se implementó el 100% de los requisitos comprometidos (véase Figura 5. 7). La diferencia está dada por el cumplimiento de la duración estimada de la iteración y en la calidad del producto estimado, esto es, en la primera iteración igual se cumplió con el 100% de los requisitos comprometidos, pero la iteración tuvo que ser extendida en dos semanas para poder cumplir. Además, como ya se analizó con la variable TELC, en la primera iteración el producto era de menor calidad (medido en términos de errores encontrados).

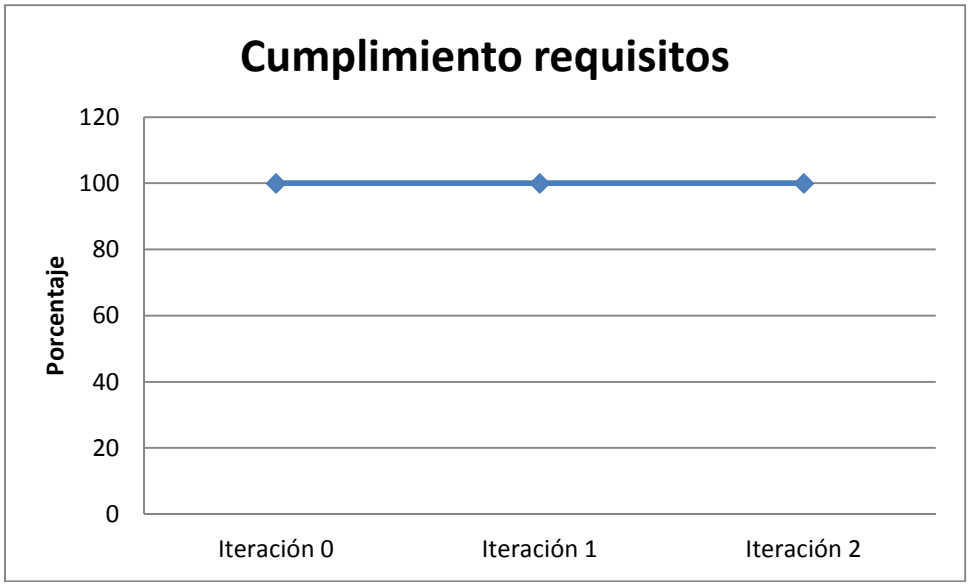

Figura 5. 7.- Gráfico de evolución de la variable PREQ

d) Satisfacción del usuario

La variable SATUS es una medida subjetiva que representa el nivel de satisfacción del cliente. Los valores que puede tomar esta variable están entre 0 y 100, donde el 0 representa que el cliente está absolutamente insatisfecho con la adquisición realizada y el 100 representa la satisfacción máxima. Por lo tanto, los valores deseables son aquellos cercanos a 100.

Para este experimento se solicitó que el Cliente y el encargado de calidad del cliente indicaran por separado su nivel de satisfacción, expresado como un porcentaje.

Como se puede observar en la Figura 5. 8, existe una clara alza en la satisfacción luego de aplicar ***MACAD-PP***. Si bien es cierto, ambas personas (cliente y encargado de calidad) mejoraron su percepción en relación al sistema en desarrollo, existe una diferencia entre la opinión del cliente y la del encargado de calidad. Esto se puede explicar debido a que la opinión del cliente se basa en términos del producto ejecutable recibido, mientras que la opinión del encargado de calidad incluye su percepción no sólo del producto recibido en cada iteración, sino también del proceso seguido por el equipo desarrollador.

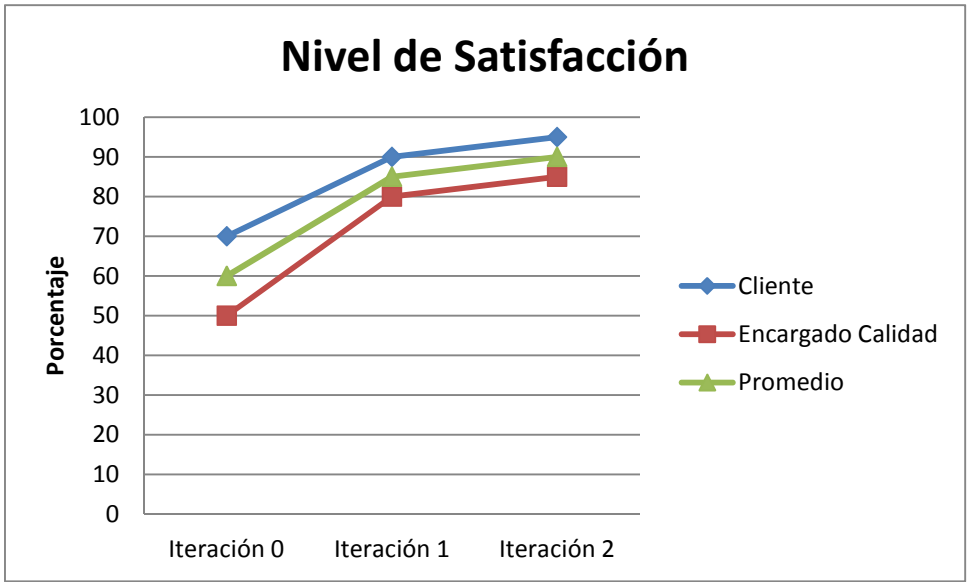

Figura 5. 8.- Gráfico de evolución de la variable SATUS

5.3.5. *Presentación y empaquetamiento*

La última etapa del proceso de diseño de experimentos se implementa mediante el desarrollo del presente capítulo y posteriores publicaciones a generar a partir de la tesis doctoral.

5.4. VALIDACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

Una vez concluida la experimentación, existen evidencias que hacen posible afirmar que las hipótesis planteadas al inicio del desarrollo de la tesis doctoral son válidas, a partir del análisis que se muestra en la Tabla 5 - 3.

Tabla 5 - 3.- Comprobación de las hipótesis de trabajo

Hipótesis	Resultado	Justificación
Principal		
La aplicación en las PYMEs de una metodología que incorpore actividades de revisión, verificación y validación sobre las tareas realizadas como parte del ciclo de vida de la adquisición de un producto software, y además sobre los productos de trabajo obtenidos en cada etapa de este ciclo, contribuye a asegurar la calidad del producto adquirido, considerando aspectos de cumplimiento de presupuesto, planificación temporal y estándares de calidad definidos en base a patrones de proyectos de adquisición	Comprobada	La aplicación de ***MACAD-PP*** demostró una mejora en aspectos relevantes en el desarrollo de la adquisición de un producto de software. Fue posible observar mejoras en el cumplimiento de la planificación, en la calidad del producto recibido y en la satisfacción del cliente.
Secundarias		
La definición de una metodología de aseguramiento de calidad creada en base a adaptaciones de los modelos y estándares de adquisición, permitirá la mejora de los procesos de adquisición de las pequeñas y medianas empresas.	Comprobada	Todas las actividades de ***MACAD-PP*** han sido diseñadas teniendo en cuenta las mejores prácticas recomendadas por diversos modelos de calidad existentes. Por lo tanto, al comprobar la hipótesis principal, se comprueba esta hipótesis secundaria.
La identificación de patrones de proyectos de adquisición permite una adaptación más rápida y eficaz de los proyectos de adquisición de software particular.	Comprobada	Previo a la especificación detallada de ***MACAD-PP***, se realizó un estudio de identificación de patrones de proyectos de adquisición (véase Anexo B), donde se concluyó que cada patrón tiene características propias que deben considerarse a la hora de identificar las actividades necesarias a realizar. La propuesta actual de ***MACAD-PP*** y su experimentación fue desarrollada para proyectos de adquisición de productos de software a la medida, desarrollados mediante procesos de desarrollo tradicionales (no metodologías ágiles).
La definición de una metodología de aseguramiento de calidad para la adquisición del software, que se enmarque dentro del proceso de compra de una organización, permitirá mejorar la implantación de la metodología en una organización.	Sin comprobar	No fue posible comprobar esta hipótesis dado que el proyecto que se utilizó como estudio de caso fue un proyecto social, donde el cliente no tuvo un costo monetario asociado, por lo cual no se utilizaron los procesos de adquisición definidos.

5.5. DIFICULTADES ENFRENTADAS

Durante el desarrollo del estudio de caso, se enfrentaron algunas dificultades, entre las que destacan:

- Informalidad del equipo de desarrollo en el cumplimiento de compromisos.
- Resistencia del equipo de desarrollo a que un ente externo fiscalice su labor.
- Por las características del proyecto, el cliente no se sentía con el poder necesario para exigir mayor formalidad.

Estas dificultades fueron solucionadas gracias a la colaboración del académico coordinador de la actividad, quien cumplía el rol de Jefe de Proyecto.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

En el presente capítulo se plantean las conclusiones obtenidas. En primer lugar se muestran los aspectos relacionados con la formulación de la propuesta en sí, para continuar con la identificación de patrones para proyectos de adquisición de software y luego con las conclusiones propias de la experimentación desarrollada.

6.1. MACAD-PP

Para el desarrollo de la metodología propuesta, se ha desarrollado un amplio estudio del estado del arte, el cual comenzó con un análisis de distintos conceptos relevantes para la adquisición del software. El estudio continuó con los conceptos asociados a la calidad del software, incluyendo definiciones, modelos y estándares, y otros aspectos relevantes.

En general los modelos estudiados, no incorporan estrategias de cómo desarrollar o implementar las prácticas recomendadas. La aportación de ***MACAD–PP*** radica precisamente en ese punto: es una estrategia que incorpora el cómo realizar estas prácticas, las cuales permiten la gestión de la calidad de los proyectos de adquisición de software.

La metodología de aseguramiento de la calidad para proyectos de adquisición de software propuesta, está compuesta de cinco fases correspondientes a cada etapa del ciclo de vida de la adquisición. Estas fases incorporan en total dieciocho actividades que implementan las buenas prácticas recomendadas por los distintos modelos analizados. Cada actividad se desglosa en un conjunto de tareas, apoyadas por activos de procesos que facilitan la identificación de criterios de calidad y diversos mecanismos que permiten la formalización de los compromisos entre el proveedor y el cliente.

La definición de los artefactos y los activos de procesos que posee ***MACAD-PP*** (por ejemplo, listas de comprobación y catálogos de criterios de aceptación) se desarrollaron en base a los criterios de calidad que deben considerarse para algunos productos de trabajo y para las etapas del proceso de desarrollo de software, identificados durante el estudio de arte.

Después del estudio realizado, la propuesta desarrollada y la experimentación mediante un estudio de caso, se puede concluir que efectivamente ***MACAD-PP*** es una aportación para las organizaciones que adquieren productos de software, en especial, las PYMes. La propuesta es un medio para que las organizaciones pequeñas, que no cuentan con personal especializado en calidad, puedan adoptar y adaptar las recomendaciones de modelos, reconocidos como importantes, pero que están enfocados más bien a grandes organizaciones.

6.2. PATRONES DE PROYECTOS DE ADQUISICIÓN DE SOFTWARE

Con el fin de atacar las causas de fallos de los proyectos de adquisición de software, se realizó un trabajo complementario al desarrollo de ***MACAD-PP***, el cual consistió en identificar patrones de proyectos de adquisición de software, que permitan desarrollar estrategias que mejoren el porcentaje de proyectos finalizados exitosamente.

Para incrementar las probabilidades de éxito de los proyectos de adquisición, se hace necesario identificar patrones que caractericen distintos aspectos asociados al producto en adquisición. La identificación de qué tipo de proyecto es el que se realizará, permitirá a los gestores de los proyectos, seleccionar las estrategias más adecuadas para mantener el control sobre el proceso de adquisición. Además, estos patrones identificados, permitirán a los investigadores en el área de adquisición de software, desarrollar propuestas más ajustadas y adaptarlas a las características particulares y específicas de cada patrón.

Se identificaron nueve patrones, cada uno con sus características particulares, que requieren ser tratados con estrategias particulares. Mayores detalles de los patrones y la forma cómo se obtuvieron se encuentra en el Anexo B. A continuación se presenta la lista de patrones identificados:

- Adquisición de un producto a la medida, desarrollado utilizando metodologías tradicionales.
- Adquisición de un producto a la medida, desarrollado utilizando metodologías ágiles.
- Adquisición de un producto COTS completo.
- Adquisición de algunos componentes COTS que serán ensamblados a un desarrollo realizado por un equipo interno.
- Adquisición de algunos componentes COTS que serán ensamblados a un desarrollo realizado por un equipo externo.
- Adquisición de distintos componentes COTS que serán ensamblados por un equipo interno.
- Adquisición de distintos componentes COTS que serán ensamblados por un equipo externo.
- Adquisición de componente MOTS que será adaptado por un equipo interno.
- Adquisición de componente MOTS que será adaptado por un equipo externo.

Se espera que el uso de patrones de adquisición, sea una herramienta para gestionar y facilitar el acceso al conocimiento relacionado con la gestión de proyectos de adquisición de software.

6.3. SOBRE LA EXPERIMENTACIÓN

La experimentación desarrollada para validar la propuesta metodológica, se ha realizado mediante el diseño de experimentos para ingeniería de software.

Esta estrategia formal de experimentación permitió organizar de mejor manera el estudio de caso desarrollado. Si bien es cierto, se requiere de mayor esfuerzo en la planificación y diseño del experimento, en las etapas de análisis e interpretación se hace más fácil la labor, permitiendo generar conclusiones más objetivas.

La aplicación de ***MACAD-PP*** en la adquisición del Sistema Administrador Jardín Takinki entregó evidencias de la utilidad y facilidad de aplicación de la metodología. Se observó una mejora de 50% en el total de errores encontrados por el cliente. También se logró una mejora en el cumplimiento de los plazos, disminuyendo 30% el tiempo extra en cada iteración. Por último, la satisfacción del usuario, medida subjetiva que expresó el cliente y el encargado de calidad, del cliente, aumentó en un 25% en promedio.

Todas estas evidencias permiten concluir que MACAD-PP si es una aportación en la mejora de la calidad de los proyectos de adquisición de software. Como puede observarse a partir de las variables analizadas, se mejoró el producto obtenido y el proceso seguido.

A pesar de lo anterior, se tuvieron algunas dificultades, entre las que destacan:

- Informalidad del equipo de desarrollo en el cumplimiento de compromisos. Esto puede ser explicado por el hecho que el equipo de desarrollo estaba formado por un grupo de estudiantes con poca experiencia en proyectos de desarrollo de software reales.
- Resistencia del equipo de desarrollo a que un ente externo fiscalice su labor. Esta reacción era esperable, dada la complejidad en las relaciones humanas, sobre todo cuando una persona se ve observada por otra que emitirá un juicio sobre su labor desarrollada.
- Por las características del proyecto, el cliente no se sentía con el poder necesario para exigir mayor formalidad. Como se mencionó en el capítulo de experimentación, el proyecto no tuvo costo monetario para el cliente, motivo por el cual el equipo de desarrollo se sentía con mayor libertad de no asumir todos los compromisos adquiridos.

Es importante mencionar que aunque el experimento consideró sólo un estudio de caso, y que su objetivo es apoyar la adquisición en PYMes, se han sostenido conversaciones sobre la metodología (mostrando sólo las etapas y actividades, sin entrar en detalle sobre las tareas de cada actividad) con personal encargado de departamentos de TI de grandes empresas mineras de la Región de Antofagasta, Chile, quienes han manifestado gran interés en adoptarla para mejorar sus procesos de adquisición de software. Este hecho deja ver que

MACAD-PP podría ser utilizada en organizaciones de gran envergadura tanto como en pequeños entornos.

6.4. LÍNEAS FUTURAS

Luego de finalizada la investigación, es posible identificar algunos aspectos a desarrollar, y que dan pie a nuevos proyectos. Las posibles líneas futuras son los que a continuación se indican.

- **Crear una herramienta software que facilite la aplicación de MACAD-PP**. En la experimentación desarrollada, todos los formularios fueron desarrollados de forma manual. Los activos de procesos, etapas y actividades que forman MACAD-PP pueden ser automatizadas fácilmente a través de una herramienta tipo workflow que facilite y agilice la aplicación de la metodología.
- **Profundizar en la identificación y caracterización de patrones de proyectos de adquisición**. Dado que no era parte de los objetivos del desarrollo de la tesis, la identificación de patrones realizada fue un trabajo secundario, el cual puede ser mejorado mediante un estudio y análisis en mayor profundidad.
- **Adaptar MACAD-PP a los distintos patrones identificados**. El desarrollo de la metodología se realizó para proyectos de adquisición de software de productos a la medida, desarrollados bajo un modelo de proceso tradicional. Es posible realizar ajustes para que la metodología pueda ser aplicada a otro tipo de productos o bajo metodologías de desarrollo ágiles.

6.5. MÉRITOS DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la tesis doctoral se basó en un amplio estudio sobre la Gestión de Calidad en el desarrollo de software, lo que dio pie a la participación parcial en otras investigaciones desarrolladas tanto por alumnos de Doctorado como de Magister, en donde se requería un análisis desde la visión de la gestión de Calidad.

Tanto el trabajo de tesis doctoral como los proyectos en que se tuvo participación, generaron una serie de publicaciones y presentaciones en eventos internacionales, revistas y ponencias que a continuación se indican.

6.5.1. *Presentación en Congresos*

Identificación de Patrones de Proyectos de Adquisición del Software mediante la aplicación del método MECT. Vianca Vega, Gloria Gasca y José Calvo-Manzano. 7ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información, Madrid, España, 2012.

Ejecución de una revisión sistemática en Mejora de Procesos de Desarrollo de Software para pequeñas y micro empresas. Johnny González Contreras, Vianca Vega Zepeda. XXIII Encuentro Chileno de Computación. Jornadas Chilenas de Computación JCC 2011. Curicó, Chile..

Sobre la Programación Extrema y la Gestión de la Calidad. Rodrigo Haussmann, Vianca Vega. IX Jornadas de Ingeniería de Software e Ingeniería del Conocimiento JIISIC'10, Mérida, México.

6.5.2. *Capítulos de Libro*

Traducción: ***CMMI Guía para la integración de procesos y mejora de productos***, Edición Oficial Software Engineering Institute (SEI), Segunda Edición, 2009. ISBN: 978-84-7829-096-3.

6.5.3. *Ponencias*

Process and Product Quality Assurance in Software Acquisition, SEPG North America 2009, Marzo 23-26, 2009; San José, California, Estados Unidos.

Las pruebas de software desde la perspectiva SQA, XIII Jornadas de Ingeniería de Software, Septiembre 4, 2009, Antofagasta – Chile.

CAPÍTULO 7: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SEI, *CMMI for development, version 1.3*, 2010, Software Engineering Institute.
2. Svennberg, D., *Software Acquisition Management Guidelines*, in *The Department of Computer and Information Science*2001, Linköping University: Linköping, Sweden. p. 148.
3. Assmann, D. and T. Punter, *Towards partnership in software subcontracting*. Elsevier, 2003.
4. Software Engineering Institute, *CMMI for Acquisition, Version 1.2*, 2007, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.
5. Standish, *CHAOS Summary 2009. The 10 Laws of CHAOS*, 2009, Standish Group International.
6. Simmons, R.A. *Software Quality Assurance (SQA) early in the acquisition process*. in *Aerospace and Electronics Conference*. 1990. Dayton, OH, USA: IEEE.
7. Simmons, R.A. *SQE vs SQA vs IV&V*. in *Aerospace and Electronics Conference*. 1989. Dayton, OH, USA: IEEE Computer Society
8. CCTA, *Managing Successful Project with PRINCE2*. 2005: Office of Government Commerce.
9. Standish, *Extreme Chaos*, 2001, The Standish Group.
10. *Encuesta Anual de las Pequeñas y Medianas Empresas 2006*, 2008, Instituto Nacional de Estadísiticas Chile.
11. Hoyle, D., *ISO 9000 Manual de Sistemas de Calidad*. Tercera ed. 1996: Editorial Parainfo.
12. Braude, E., *Ingeniería de Software. Una perspectiva orientada a objetos*. 2003: Alfaomega.
13. Bessin, G. *The business value of software quality*. 2004 [cited 2008 August 22]; Available from: www.ibm.com/developerworks/rational/library/dec04/bessin/.
14. Boehm, B.W., J.R. Brown, and M. Lipow. *Quantitative evaluation of software quality*. in *IEEE Computer Society Press*. 1976. San Francisco, California, United States: International Conference on Software Engineering.
15. Institute of Electrical and Electronics Engineers, *IEEE Recommended Practice for Software Acquisition*, 1998, Institute of Electrical and Electronics Engineers.
16. Robert, P. *Quality requirements for Software Acquisition*. in *Software Engineering Standards Symposium and Forum, 1997. 'Emerging International Standards'. ISESS 97., Third IEEE International*. 1997. Walnut Creek, CA, USA: IEEE.
17. Sommerville, I., *Ingeniería de Software*. 2002: Addison Wesley.
18. Gasca, G. and G. Cuevas. *Un análisis crítico comparativo de modelos y estándares relacionados con la adquisición del software*. in *VII Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento*. 2008. Guayaquil, Ecuador.

19. IEEE Computer Society, *Std 12207-2008 Systems and software engineering - Software life cycle processes*, 2008.
20. IEEE, *IEEE Recommended Practice for Software Acquisition*, 1998, Institute of Electrical and Electronics Engineers.
21. Paulk, M., et al., *Capability Maturity Model for Software, Versión 1.1*, 1993, Software Engineering Institute.
22. Cooper, J. and M. Fisher, *Software Acquisition Capability Maturity Model (SA-CMM) Version 1.03* 2002, Software Engineering Institute
23. Kuvaja, P., *BOOTSTRAP 3.0 – A SPICE1 Conformant Software Process Assessment Methodology*. Software Quality Journal, 1999(8): p. 7-19.
24. *Introduction to ISPL* [cited 2009; Available from: http://projekte.fast.de/ISPL/.
25. Ibrahim, L., L. LaBruyere, and C. Wells, *Mapping Table Supplement to the Federal Aviation Administration Integrated Capability Maturity Model® (FAA-iCMM®), Version 2.0*, 2001, Federal Aviation Administration.
26. Salwin, A., *The Road to Successful ITS Software Acquisition*, 1998, Federal Highway Administration.
27. Marciniak, J. and D. Reifer, *Software Acquisition Management*. 1996, New York: John Wiley & Son, Inc.
28. *Software Program Managers Network. 16 Critical Software Practices* 2008 [cited 2009; Available from: http://www.spmn.com/16CSP.html.
29. STSC, *Guidelines for Successful Acquisition and Management of Software-Intensive Systems. Condensed Version*, 2003, Department of the Air Force. Software Technology Support Center.
30. *Defense Acquisition Portal*. [cited 2009; Available from: https://dap.dau.mil/Pages/Default.aspx.
31. *International Process Research Consortium* [cited 2009; Available from: www.sei.cmu.edu/iprc/.
32. *A Process Research Framework*, ed. E. Forrester. 2006: Software Engineering Institute
33. Nelson, P., W. Richmond, and A. Seidmann, *Two Dimensions of Software Acquisition*. Communications of the ACM, 1996. **39**(7): p. 29 - 35.
34. Baker, E. and M. Fisher, *Basic Principles and Concepts for Achieving Quality*, L. Marino, Editor 2007, Software Engineering Institute
35. Information Technology Services Qualification Center, *The eSCM-SP v2.01: Model Overview. The eSourcing Capability Model for Service Providers (eSCM-SP) v2.01*, 2006, Carnegie Mellon University.
36. Kasser, J., *Applying Total Quality Management to Systems Engineering*. 1995: Artech House.
37. *iCMM Version 2.0 - Quick Reference Summary*, Federal Aviation Administration.
38. Institute of Electrical and Electronics Engineers, *Std 12207-2008 Systems and software engineering - Software life cycle processes*, 2008.
39. Chrissis, M.B., M. Konrad, and S. Shrum, *CMMI. Guía para la integración de procesos y la mejora de productos*. 2009: Addison Wesley.
40. *Definición de Calidad*, in *Diccionario de la Lengua Española*, Real Academia Española.

41. Brito, I., Moreira, A., Araújo, J. , *A requirements model for quality attributes.* Instituto Politécnico de Beja.
42. Malan, R., Brendmeyer, D. , *Defining Non-Functional Requirements.* Brendmeyer Consulting. , 2001.
43. Robertson, S. and J. Robertson, *Mastering the Requirements Process*. 1999.
44. Chung, L., Nixon, B. , *Dealing with non-functional requirements: three experimental studies of a process-oriented approach.* The University of Texas at Dallas - University of Toronto.
45. Firesmith, D. *A Taxonomy of Security-Related Requirements*.
46. Losavio, F.O., D.; Perez, M., *Towards a standard EAI quality terminology.* Chilean Computer Science Society, 2003. SCCC 2003. Proceedings. 23rd International Conference of the 6 - 7 Nov. 2003, 2003: p. 119-129.
47. Valenti S., A.C., and Panti M., *Computer Based Assessment Systems Evaluation via the ISO9126 Quality Model.* Journal of Information Technology Education, 2002. **1**(3).
48. Olsina, L.A., Rossi, G. H., Cueva, L. J. M., *Metodología Cuantitativa para la Evaluación y Comparación de la Calidad de Sitios Web*, in *Facultad de Ciencias Exáctas*1999, Universidad Nacional de La Plata: La Plata. p. 257.
49. AENOR, *Guía de Aplicación de la ISO 9001:2000 al software. Traducción y adaptación en Castellano de "ISO 9001:2000"*, 2005, Asociación Española de Normalización y Certificación: Madrid.
50. Project Management Institute, *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)*, 2004.
51. Koomen, T. and M. Pol, *Test Process Improvement. A practical step-by-step guide to structured testing*. 1999: Addison-Wesley.
52. Lewis, W., *Software Testing and Continuous Quality Improvement*. Third ed. 2009: CRC Press.
53. Hofmann, H., et al., *CMMI for Outsourcing. Guidelines for Software, Systems, and IT Acquisition*. SEI Series in Software Engineering 2007, Westford, Massachusetts: Pearson Education, Inc.
54. Hamann, D., et al., *A Product-Process Dependency Definition Method.* IEEE, 1998. **2**: p. 25-27.
55. Standish, *The Standish Group Report Chaos*, 1995, The Standish Group
56. Assmann, D. and T. Punter, *Towards partnership in software subcontracting.* Elsevier. Computers in Industry, 2004(54): p. 137-150.
57. Ibrahim, L., et al., *The Federal Aviation Administration Integrated Capability Maturity Model (FAA-iCMM), Version 2.0*, 2001, The Federal Aviation Administration.
58. Information Technology Services Qualification Center, *The eSCM-CL v1.1: Model Overview v1.1. The eSourcing Capability Model for Client Organizations (eSCM-CL) v1.1*, 2006.
59. Valenti, S., C. Alessandro, and M. Panti, *Computer Based Assessment Systems Evaluation via the ISO9126 Quality Model.* Journal of Information Technology Education, 2002. **1**(3).
60. Wohlin, C., M. Höst, and K. Henningsson. *Empirical Research Methods in Software Engineering*. in *ESERNET 2001-2003*. 2003. Berlin.

61. Kitchenham, B., *Procedures for Performing Systematic Reviews*, 2004, Software Engineering Group Department of Computer Science Keele University.
62. *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*, 2007, Software Engineering Group School of Computer Science and Mathematics Keele University
Department of Computer Science University of Durham.
63. Wohlin, C., et al., *Experimentation in Software Engineering. An Introduction*. The Kluwer International Series in Software Engineering, ed. V. Basili. 2000: Kluwer Academic Publishers
64. Juristo, N. and A.M. Moreno, *Basics of Software Engineering Experimentation*. 2001: Kluwer Academic Publishers.
65. Sommerville, I. and P. Sawyer, *Requirements Engineering. A good practice guide.* 1997: Wiley.
66. Hull, E., K. Jackson, and D. Jeremy, *Requirements Engineering*. Second ed. 2005: Springer.
67. Lauesen, S., *Software requirements. Styles and Techniques*. 2002: Addison - Wesley.
68. Cysneiros, L., Yu, E., *Non-functional requirements elicitation.* York University - University of Toronto.
69. *Cátedra para la Mejora de Procesos en el Espacio Iberoamericano*. [cited 2009; Available from: http://mpsei.fi.upm.es/web/catedra/Inicio.
70. Sommerville, I., *Ingeniería de Software*. Séptima ed. 2005: Addison Wesley.
71. IEEE, *IEEE Standard for Software Configuration Management Plans*, 1998, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
72. IEEE, *IEE Standard for Software Verification and Validation*, 1998, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
73. Stamelos, I., *Software project management anti-patterns.* The Journal of Systems and Software, 2009(83).
74. Larman, C., *UML y Patrones. Una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y al proceso unificado*. 2002: Prentice Hall.
75. ITCQC, *The eSCM-SP v2.01: Model Overview. The eSourcing Capability Model for Service Providers (eSCM-SP) v2.01*, 2006, Information Technology Services Qualification Center, Carnegie Mellon University.
76. Stamelos, I., *Software project management anti-patterns.* The journal of systems and software, 2009.
77. Jorgensen, M. and K. Molokken-Ostvold, *How large are software cost overruns? A review of the 1994 CHAOS report.* Information and Software Technology, 2006(48): p. 297-301.

ANEXO A: ACTIVOS DE PROCESOS DE MACAD-PP

A. ACTIVOS DE PROCESOS

A.1. REVISIÓN DE LA LICITACIÓN

Como se ha mencionado en las restricciones de aplicación de la metodología (véase Figura 4. 2), la organización que compra el producto de software debe realizar formalmente el proceso de licitación, esto es, debe existir un documento de licitación. Este documento debe ser revisado para asegurar que cumpla con ciertas características de calidad. Los activos relacionados con la licitación son:

- Lista de comprobación de la licitación.
- Documento de aceptación de la licitación.

A continuación, se muestran cada uno de estos activos.

A.1.1. Lista de comprobación de la licitación

La lista de comprobación de la licitación define los criterios y características que debe cumplir la licitación y los aspectos que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar la revisión.

La lista propuesta por MACAD-PP ha sido creada a partir de las recomendaciones dadas por el modelo CMMI-ACQ [1].

LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA LICITACIÓN

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Revisión desarrollada por:	
Fecha Revisión:	

CRITERIO	REVISIÓN	OBSERVACIONES
1. La licitación facilita y asegura una respuesta adecuada por parte de los proveedores potenciales.	☐	
2. La licitación facilita y asegura la comparación entre distintos proveedores y propuestas.	☐	
3. La licitación es lo bastante flexible como para permitir consideraciones y sugerencias de los proveedores potenciales.	☐	
4. La complejidad y nivel de detalle de la licitación es consistente con la adquisición planificada.	☐	
5. La licitación incluye claramente los criterios y método de selección del proveedor.	☐	
6. La licitación indica cómo deben responder los proveedores potenciales, incluyendo la documentación que debe entregarse.	☐	
7. La licitación indica los plazos y programación del proceso de recepción de propuestas y selección del proveedor.	☐	
8. La licitación indica los procedimientos y contactos para plantear y resolver dudas de los proveedores potenciales.	☐	
9. La licitación está escrita en forma clara, completa y concisa.	☐	

CRITERIO	REVISIÓN	OBSERVACIONES
10. La licitación describe el producto a adquirir con suficiente detalle para que los proveedores potenciales puedan determinar si son capaces de proveer el producto.	☐	
11. La licitación incluye las expectativas para el proceso y el producto, y los mecanismos de control sobre éstos.	☐	
12. La licitación explica claramente los criterios de aceptación del producto a adquirir.	☐	
13. El contenido y estructura de la licitación son correctos y suficientes según el estándar elegido.	☐	

A.1.2. Documento de aceptación de la licitación

Una vez realizada la revisión de la licitación, si se cumplen las características deseadas, se debe dejar evidencia que se realizó la actividad y que la licitación ha sido aceptada.

ACEPTACIÓN LICITACIÓN

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Aceptación desarrollada por:	
Fecha Aceptación:	

En base a la revisión realizada a la licitación, utilizando el documento (poner aquí el identificador del documento de la lista de comprobación), desarrollada por (poner aquí el nombre del revisor), con fecha (poner aquí la fecha de la revisión), se da por ACEPTADO EL DOCUMENTO DE LICITACIÓN, autorizando de esta manera la continuación de las siguientes etapas en el desarrollo del presente proyecto.

Firma Comprador Firma Encargado Calidad Cliente

A.2. REVISIÓN DEL CONTRATO

La segunda de las restricciones de aplicación de la metodología (véase Figura 4. 2) es que la organización que compra el producto de software, debe gestionar formalmente los acuerdos con el proveedor, esto es, debe existir un contrato. Este documento debe ser revisado para asegurar que cumpla con ciertas características de calidad. Los activos relacionados con el contrato son:

- Lista de comprobación del contrato.
- Documento de aceptación del contrato.

A continuación, se muestran cada uno de estos activos.

A.2.1. Lista de comprobación del contrato

La lista de comprobación del contrato define los criterios y características que debe cumplir el mismo, y los aspectos que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar la revisión.

La lista propuesta por MACAD-PP ha sido creada a partir de las recomendaciones dadas por el modelo CMMI para el Desarrollo [39].

LISTA DE COMPROBACIÓN PARA EL CONTRATO

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Revisión desarrollada por:	
Fecha Revisión:	

CRITERIO	REVISIÓN	OBSERVACIONES
1. El contrato establece claramente las actividades a desarrollar.	☐	
2. El contrato establece los entregables que deben ser proporcionados por el proveedor.	☐	
3. El contrato establece el calendario y presupuesto del proyecto de adquisición.	☐	
4. El contrato identifica a los responsables (tanto del cliente como del proveedor) autorizados para realizar cambios en el acuerdo entre ambas partes.	☐	
5. El contrato referencia o incluye el plan de aceptación del proyecto, donde se identifican claramente, como mínimo: a. Los mecanismos de control de cambios en los requisitos. b. Estándares y procedimientos a utilizar. c. Las actividades de PPQA a desarrollar. d. Los mecanismos de resolución de problemas. e. Los mecanismos y medios de comunicación válidos. f. Las responsabilidades de cada rol. g. El protocolo de aceptación.	☐	

CRITERIO	REVISIÓN	OBSERVACIONES
6. El contrato indica explícitamente el tipo de control y revisiones que el comprador desarrollará como supervisión del trabajo del proveedor.	☐	
7. El contrato identifica las responsabilidades del proveedor para el mantenimiento y soporte continuo del producto adquirido.	☐	
8. El contrato identifica la garantía, la propiedad y derechos de uso del producto adquirido.	☐	
9. El contrato incluye explícitamente los criterios de aceptación del producto en adquisición.	☐	
10. El contrato fue leído, revisado y entendido por ambas partes (cliente y comprador).	☐	
11. El contrato fue escrito en forma clara y no ambigua, facilitando el entendimiento e interpretación de su contenido por parte de todos los interesados.	☐	

A.2.2. Documento de aceptación del contrato

Una vez realizada la revisión, si se cumplen las características deseadas, se debe dejar evidencia que se realizó la actividad y que el contrato ha sido aceptado.

ACEPTACIÓN CONTRATO

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Aceptación desarrollada por:	
Fecha Aceptación:	

En base a la revisión realizada al contrato, utilizando el documento (poner aquí el identificador del documento de la lista de comprobación), desarrollada por (poner aquí el nombre del revisor), con fecha (poner aquí la fecha de la revisión), se da por ACEPTADO EL CONTRATO, autorizando de esta manera la continuación de las siguientes etapas en el desarrollo del presente proyecto.

Firma Comprador Firma Encargado Calidad Cliente

A.3. REVISIÓN ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE

La última restricción de aplicación de la metodología (véase Figura 4. 2), es que la organización que compra el producto de software debe documentar formalmente los requisitos de software. Esto es, debe existir una ERS. Este documento debe ser revisado para asegurar que cumpla con ciertas características de calidad y que además, cada requisito cumple con las características deseadas. Los activos relacionados con la especificación de requisitos son:

- Lista de comprobación para la ERS.
- Documento de aceptación de la ERS.

A continuación, se muestran cada uno de estos activos.

A.3.1. Lista de comprobación para la ERS

La lista de comprobación para la especificación de requisitos de software define los criterios y características que debe cumplir el documento de especificación, y cada requisito en particular, y los aspectos que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar la revisión.

La lista propuesta por MACAD-PP ha sido creada a partir de las recomendaciones dadas por diversos autores de investigaciones relacionadas con la ingeniería de requisitos, entre los que se incluyen Sommerville [65], Hull [66], Lauesen [67] y Cysneiros [68].

LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Revisión desarrollada por:	
Fecha Revisión:	

CRITERIO	REVISIÓN	OBSERVACIONES
1. Cada requisito incluido en la especificación refleja una necesidad o expectativa de los clientes y/o usuarios.	☐	
2. La especificación incluye todos los requisitos no triviales necesarios.	☐	
3. Cada requisito está expresado de una forma no ambigua, es decir, existe una única interpretación clara y concisa.	☐	
4. No existen conflictos entre requisitos (no se contraponen entre sí).	☐	
5. Cada requisito es técnicamente posible, considerando los costes y planificación existentes.	☐	
6. Cada requisito es legalmente posible de implementar.	☐	
7. Los requisitos son no redundantes, esto es, cada requisito es expresado sólo una vez, sin duplicación.	☐	
8. Para cada requisito se ha identificado su prioridad y estabilidad.	☐	

CRITERIO	REVISIÓN	OBSERVACIONES
9. La especificación es fácilmente modificable, lo cual significa que: a. Cada requisito tiene un número identificador. b. Se ha definido una terminología consistente. c. La especificación cuenta con un índice. d. Existe una versión electrónica de la especificación.	☐	
10. Cada requisito es verificable, esto es, existe una forma económica y posible de comprobar que el producto cumple el requisito.	☐	
11. Cada requisito es trazable, esto es, es posible identificar su fuente y proveniencia.	☐	
12. Cada requisito incluido apoya el desarrollo de algún objetivo de negocio del cliente. (El propósito del requisito está asociado a alguna actividad del dominio del negocio).	☐	
13. La especificación de requisitos es entendible por el usuario y por los desarrolladores.	☐	

CRITERIO	REVISIÓN	OBSERVACIONES
14. La especificación de requisitos incorpora todos los requisitos no funcionales relevantes. Éstos incluyen: a. Requisitos de interfaz. b. Requisitos de seguridad (manejo de disturbios físicos y manejo ante intentos de ataques maliciosos). c. Desempeño, capacidad y precisión requerida. d. Requisitos de usabilidad (facilidad de aprendizaje del uso del sistema, eficiencia para realizar las tareas, fácil de recordar el procedimiento de uso, entendible y satisfacción). e. Confiabilidad (estimación del número de errores). f. Disponibilidad (frecuencia de fallos o caídas, tiempo disponible para operación normal, recuperación de fallos). g. Tolerancia a fallos (manejo de entradas erróneas y eventos inesperados). h. Mantenibilidad (correctiva, preventiva, perfectiva). i. Portabilidad. j. Reusabilidad. k. Interoperabilidad. l. Facilidades para la instalación del producto.	☐	
15. El contenido y estructura de la especificación son correctos y suficientes según el estándar de especificación elegido.	☐	

A.3.2. Documento de aceptación de la ERS

Una vez realizada la revisión, si se cumplen las características deseadas, se debe dejar evidencia que se realizó la actividad y que la especificación de requisitos de software ha sido aceptada.

ACEPTACIÓN ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Aceptación desarrollada por:	
Fecha Aceptación:	

En base a la revisión realizada a la especificación de requisitos de software, utilizando el documento (poner aquí el identificador del documento de la lista de comprobación), desarrollada por (poner aquí el nombre del revisor), con fecha (poner aquí la fecha de la revisión), se da por ACEPTADO EL DOCUMENTO DE ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE, autorizando de esta manera la continuación de las siguientes etapas en el desarrollo del presente proyecto.

Firma Comprador Firma Encargado Calidad Cliente

A.4. DEFINICIÓN DE CRITERIOS

Como se ha planteado en el estado del arte (véase capítulo 2), una de las etapas de la gestión de calidad es la planificación de la calidad. Ésta se encarga de definir el marco de calidad que posteriormente será aplicado a los proyectos de adquisición.

En el caso de MACAD-PP, la planificación está relacionada, entre otras cosas, con la definición de los criterios que serán aplicados en cada proyecto de adquisición. Estos criterios se utilizan para la selección de los proveedores que suministrarán el producto de software. También se deben definir los criterios de calidad que se usarán posteriormente para evaluar el proceso desarrollado y el producto final adquirido. Estas definiciones se realizan en base a un conjunto de catálogos creados previamente. Los activos relacionados son:

- Catálogo de criterios de selección de proveedores.
- Especificación de los criterios de selección del proveedor.
- Catálogo de criterios de calidad para el proceso.
- Especificación de los criterios de calidad para el proceso.
- Catálogo de criterios de calidad para el producto.
- Especificación de los criterios de calidad para el producto.

A continuación, se muestran cada uno de estos activos.

A.4.1. Catálogo de criterios de selección de proveedores

Este catálogo provee la identificación y descripción de un conjunto de criterios estándares, básicos aplicables a la selección de proveedores. Éstos pueden ser utilizados como punto de partida en la selección de los criterios que se aplicarán en un proyecto específico.

Los criterios incluidos en el catálogo propuesto por MACAD-PP han sido identificados a partir de las recomendaciones del modelo CMMI-ACQ [1], y de la experiencia en proyectos de adquisición de algunos expertos de la Cátedra para la Mejora de Procesos en el Espacio Iberoamericano [69].

CATÁLOGO DE CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL PROVEEDOR

A la hora de seleccionar el proveedor más adecuado para un proyecto en particular, se sugieren considerar los siguientes criterios y sub-criterios.

Criterio	Sub-criterios
Precio	Coste desarrollo del producto.
	Coste del hardware para la operación del producto.
	Coste de instalación.
Calidad Técnica de la Propuesta	Mejoras ofertadas.
	Capacidad de crecimiento.
	Facilidad de administración del producto.
	Metodologías, técnicas, soluciones y servicios propuestos.
Mantenimiento	Calidad de la cobertura.
	Disponibilidad técnica y respuesta.
	Sistema de respaldo.
Calidad organización	Experiencia de la organización.
	Referencias de la organización / equipo.
	Experiencia con sistemas o proyectos similares.
	Desarrollo previo de proyectos conjuntos.
	Disponibilidad de recursos para soportar el proyecto (RRHH, instalaciones y otros recursos).
Aspectos Legales	Propiedad intelectual y derechos de propiedad.

A.4.2. Especificación de los criterios de selección del proveedor

Este documento formaliza el conjunto de criterios que serán aplicados para seleccionar a los proveedores en un proyecto de adquisición específico. Se genera con la ayuda del *catálogo de criterios de selección de proveedores* (véase sección 4.1 del presente anexo).

Su uso es simple, en base a los siguientes pasos:

a. Seleccionar desde el *catálogo de criterios de selección de proveedores,* aquellos criterios y sub-criterios que se aplicarán en el proyecto.
b. Distribuir los porcentajes de relevancia para cada criterio a aplicar. La suma de los porcentajes asignados debe ser igual a 100.
c. Para cada criterio, distribuir entre los sub-criterios que lo conforman, el porcentaje asignado en el paso anterior, esto es, la suma de los porcentajes asignados a los sub-criterios, debe ser igual al porcentaje asignado al criterio.

Esta especificación será utilizada luego para comparar las propuestas recibidas como resultado de la licitación, y de esta forma, permitirá seleccionar al proveedor más adecuado a las necesidades y metas del proyecto, de manera clara y objetiva.

ESPECIFICACIÓN DE CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL PROVEEDOR

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Documento desarrollado por:	
Fecha:	

Criterio	Sub-criterios	% Sub- criterio
Precio (%)	Coste desarrollo del producto.	
	Coste del hardware para la operación del producto.	
	Coste de instalación.	
Calidad Técnica de la Propuesta (%)	Mejoras ofertadas.	
	Capacidad de crecimiento.	
	Facilidad de administración del producto.	
	Metodologías, técnicas, soluciones y servicios propuestos.	
Mantenimiento (%)	Calidad de la cobertura.	
	Disponibilidad técnica y respuesta.	
	Sistema de respaldo.	
Calidad organización (%)	Experiencia de la organización.	
	Referencias de la organización / equipo.	
	Experiencia con sistemas o proyectos similares.	
	Desarrollo previo de proyectos conjuntos.	
	Disponibilidad de recursos para soportar el proyecto (RRHH, instalaciones y otros recursos).	
Aspectos Legales (%)	Propiedad intelectual y derechos de propiedad.	

Observaciones:

1. La tabla muestra los criterios y sub-criterios sugeridos por MACAD-PP. Se deben seleccionar aquellos criterios y sub-criterios que efectivamente serán aplicados en el proyecto en particular. Si se considera necesario, incluir nuevos criterios y/o sub-criterios.
2. Se debe definir el porcentaje de relevancia (peso) para cada criterio. La suma de todos los porcentajes de los criterios debe ser 100%
3. El porcentaje que se debe indicar en la última columna, corresponde al porcentaje relativo de cada sub-criterio, en base al porcentaje del criterio que los agrupa. La suma de los porcentajes de cada conjunto de sub-criterios debe ser igual al porcentaje definido para el criterio asociado.

A.4.3. Catálogo de criterios de calidad para el proceso

Este catálogo provee la identificación y descripción de un conjunto de criterios estándares, básicos aplicables a los procesos de adquisición del software. Serán utilizados para evaluar el rendimiento del proceso. También pueden ser utilizados como punto de partida en la selección de los criterios que se aplicarán en un proyecto específico.

Los criterios incluidos en el catálogo propuesto por MACAD-PP han sido identificados a partir de las recomendaciones recopiladas en el estudio del arte (véase capítulo 2), y de la experiencia en proyectos de desarrollo de algunos ingenieros Jefes de Proyectos. Los autores a partir de los cuales se han identificado los criterios, incluyen a Baker y Fisher [34], la Asociación Española de Normalización y Certificación [49], Braude [12] y Sommerville [70].

CATÁLOGO DE CRITERIOS DE CALIDAD PARA EL PROCESO

Al definir los criterios de calidad que se exigirán para el proceso desarrollado por parte del proveedor, se sugieren considerar los que a continuación se presentan.

Criterio	Sub-criterios
Formalidad	Existencia de un proceso de desarrollo formalmente definido. (etapas, actividades, productos intermedios).
	Existencia de estándares definidos y respetados.
	Existe una planificación clara para las actividades del proyecto.
Gestión de la calidad	Existe gestión de los riesgos del proyecto.
	Existen actividades de SQA internas.
	Las responsabilidades de las actividades de SQA internas están claramente definidas.
	Existe una gestión formal para el control de cambios.
	Se desarrolla gestión de la configuración.
Evidencias	Existe un conjunto claramente definido de documentos que deben ser generados.
	Existen estándares de documentación.
Ejecución	Los roles están claramente identificados y asignados.
	Existen actividades de supervisión del proceso desarrollado.
	Existen mecanismos para informar del avance y desarrollo del proceso a la dirección del proyecto y al cliente.
	Se tienen a la vista y en consideración los criterios de calidad del producto en desarrollo.

A.4.4. Especificación de los criterios de calidad para el proceso

Este documento formaliza el conjunto de criterios que serán aplicados en el proceso desarrollado en un proyecto de adquisición específico. Se genera con la ayuda del *catálogo de criterios de calidad para el proceso* (véase sección 4.3 del presente anexo).

Su uso es simple, en base a los siguientes pasos:

a. Seleccionar desde el *catálogo de criterios de calidad para el proceso,* aquellos criterios y sub-criterios que se aplicarán en el proyecto.
b. Distribuir los porcentajes de relevancia para cada criterio a aplicar. La suma de los porcentajes asignados debe ser igual a 100.
c. Para cada criterio, distribuir entre los sub-criterios que lo conforman, el porcentaje asignado en el paso anterior, esto es, la suma de los porcentajes asignados a los sub-criterios, debe ser igual al porcentaje asignado al criterio.

Esta especificación será utilizada luego para evaluar de manera clara y objetiva, el desarrollo del proceso aplicado en el proyecto de adquisición.

ESPECIFICACIÓN DE CRITERIOS DE CALIDAD PARA EL PROCESO

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Documento desarrollado por:	
Fecha:	

Criterio	Sub-criterios	%
Formalidad (%)	Existencia de un proceso de desarrollo formalmente definido (etapas, actividades, productos intermedios).	
	Existencia de estándares definidos y respetados.	
	Existe una planificación clara para las actividades del proyecto.	
Gestión de la calidad (%)	Existe gestión de los riesgos del proyecto.	
	Existen actividades de SQA internas.	
	Las responsabilidades de las actividades de SQA internas están claramente definidas.	
	Existe una gestión formal para el control de cambios.	
	Se desarrolla gestión de la configuración.	
Evidencias (%)	Existe un conjunto claramente definido de documentos que deben ser generados.	
	Existen estándares de documentación.	
Ejecución (%)	Los roles están claramente identificados y asignados.	
	Existen actividades de supervisión del proceso desarrollado.	
	Existen mecanismos para informar del avance y desarrollo del proceso a la dirección del proyecto y al cliente.	
	Se tienen a la vista y en consideración los criterios de calidad del producto en desarrollo.	

Observaciones:

1. La tabla muestra los criterios y sub-criterios sugeridos por MACAD-PP. Se deben seleccionar aquellos criterios y sub-criterios que efectivamente serán aplicados en el proyecto en particular. Si se considera necesario, incluir nuevos criterios y/o sub-criterios.
2. Se debe definir el porcentaje de relevancia (peso) para cada criterio. La suma de todos los porcentajes de los criterios debe ser 100.
3. El porcentaje que se debe indicar en la última columna, corresponde al porcentaje relativo de cada sub-criterio, en base al porcentaje del criterio que los agrupa. La suma de los porcentajes de cada conjunto de sub-criterios debe ser igual al porcentaje definido para el criterio asociado.

A.4.5. Catálogo de criterios de calidad para el producto

Este catálogo provee la identificación y descripción de un conjunto de criterios estándares, básicos aplicables a los productos (intermedios y finales) en adquisición. Serán utilizados para evaluar producto obtenido. También pueden ser utilizados como punto de partida en la selección de los criterios que se aplicarán en un proyecto específico.

Los criterios incluidos en el catálogo propuesto por MACAD-PP han sido identificados a partir de las recomendaciones recopiladas en el estudio del arte (véase capítulo 2), y de la experiencia en proyectos de desarrollo de algunos ingenieros Jefes de Proyectos. Los autores a partir de los cuales se han identificado los criterios, incluyen a Baker y Fisher [34], la Asociación Española de Normalización y Certificación [49], Braude [12] y Sommerville [70].

CATÁLOGO DE CRITERIOS DE CALIDAD PARA EL PRODUCTO

Al definir los criterios de calidad que se exigirán para el producto desarrollado por parte del proveedor, se sugieren considerar los que a continuación se presentan.

Criterio	Sub-criterios
Características producto final	El producto de software satisface todos los requisitos funcionales especificados.
	El producto de software satisface todos los requisitos no funcionales especificados.
	El producto cuenta con ayuda online que permite su uso adecuado.
	El producto se acompaña de documentos adecuados, completos y consistentes. Los documentos recomendados son: • Manual de usuario. • Manual de instalación. • Manual de sistema.
	El producto funciona correctamente en el entorno esperado.
Calidad del código	El código verifica las entradas y reacciona de manera predecible a entradas ilegales.
	El código fue inspeccionado íntegramente por personas diferentes de los autores.
	El código fue probado de manera exhaustiva, de manera independiente.
	El código está bien documentado (se sugiere el uso de algún estándar para documentación de código).
	El código fue escrito en base a un estándar de codificación.
Proceso de revisión	El producto fue verificado teniendo en cuenta la especificación de requisitos de software.
	Existen evidencias de las pruebas desarrolladas y sus resultados.
	La validación y verificación del producto completo fue desarrollada por una organización independiente del equipo desarrollador.

A.4.6. Especificación de los criterios de calidad para el producto

Este documento formaliza el conjunto de criterios que serán aplicados a los productos generados en un proyecto de adquisición específico. Se genera con la ayuda del *catálogo de criterios de calidad para el producto*.

Su uso es simple, en base a los siguientes pasos:

a. Seleccionar desde el *catálogo de criterios de calidad para el producto,* aquellos criterios y sub-criterios que se aplicarán en el proyecto.
b. Distribuir los porcentajes de relevancia para cada criterio a aplicar. La suma de los porcentajes asignados debe ser igual a 100.
c. Para cada criterio, distribuir entre los sub-criterios que lo conforman, el porcentaje asignado en el paso anterior, esto es, la suma de los porcentajes asignados a los sub-criterios, debe ser igual al porcentaje asignado al criterio.

Esta especificación será utilizada luego para evaluar de manera clara y objetiva, el producto final obtenido en el proyecto de adquisición.

ESPECIFICACIÓN DE CRITERIOS DE CALIDAD PARA EL PRODUCTO

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Documento desarrollado por:	
Fecha:	

Criterio	Sub-criterios	%
Características producto final (%)	El producto de software satisface todos los requisitos funcionales especificados.	
	El producto de software satisface todos los requisitos no funcionales especificados.	
	El producto cuenta con ayuda online que permite su uso adecuado.	
	El producto se acompaña de documentos adecuados, completos y consistentes. Los documentos recomendados son: • Manual de usuario. • Manual de instalación. • Manual de sistema.	
	El producto funciona correctamente en el entorno esperado.	
Calidad del código (%)	El código verifica las entradas y reacciona de manera predecible a entradas ilegales.	
	El código fue inspeccionado íntegramente por personas diferentes de los autores.	
	El código fue probado de manera exhaustiva, de manera independiente.	
	El código está bien documentado (se sugiere el uso de algún estándar para documentación de código).	
	El código fue escrito en base a un estándar de codificación.	
Proceso de revisión (%)	El producto fue verificado teniendo en cuenta la especificación de requisitos de software.	
	Existen evidencias de las pruebas desarrolladas y sus resultados.	
	La validación y verificación del producto completo fue desarrollada por una organización independiente del equipo desarrollador.	

Observaciones:

1. La tabla muestra los criterios y sub-criterios sugeridos por MACAD-PP. Se deben seleccionar aquellos criterios y sub-criterios que efectivamente serán aplicados en el proyecto en particular. Si se considera necesario, incluir nuevos criterios y/o sub-criterios.
2. Se debe definir el porcentaje de relevancia (peso) para cada criterio. La suma de todos los porcentajes de los criterios debe ser 100.

3. El porcentaje que se debe indicar en la última columna, corresponde al porcentaje relativo de cada sub-criterio, en base al porcentaje del criterio que los agrupa. La suma de los porcentajes de cada conjunto de sub-criterios debe ser igual al porcentaje definido para el criterio asociado.

A.5. PLAN DE ACEPTACIÓN

El plan de aceptación es el principal activo de la aplicación de la metodología. Este es el documento que define el marco de calidad para un proyecto de adquisición específico. En él, se definen todos los aspectos a tener en consideración en la gestión de calidad del proyecto. Se crea a partir de una serie de catálogos y otros documentos menores que lo forman. Los activos relacionados con el plan de aceptación son:

- Catálogo de mecanismos de control de cambio.
- Catálogo de actividades de PPQA.
- Catálogo de mecanismos de resolución de problemas.
- Catálogo de mecanismos de comunicación.
- Matriz de responsabilidades.
- Protocolo de aceptación.
- Plan de aceptación.
- Lista de comprobación del plan de aceptación.

A continuación, se muestran cada uno de estos activos.

A.5.1. Catálogo de mecanismos de control de cambio

Este catálogo provee la identificación y descripción de algunos mecanismos básicos de control de cambio, aplicables a proyectos de adquisición. Éstos pueden ser utilizados como punto de partida en la selección y definición de los mecanismos que se aplicarán en un proyecto específico.

Los mecanismos recomendados por MACAD-PP se basan en las propuestas y recomendaciones dada por Sommerville [70], el modelo CMMI para el desarrollo [39] y el estándar IEEE Std 828-1998 Plan de Gestión de Configuración del Software [71].

CATÁLOGO DE MECANISMOS DE CONTROL DE CAMBIO

Los cambios en los proyectos de desarrollo de software son inevitables, surgen nuevos requisitos, se ajustan o adaptan otros, lo cual genera cambios en los productos intermedios generados.

Para evitar que estos cambios provoquen que el calendario y presupuesto del proyecto de adquisición se salgan de control, se sugiere gestionar los cambios, mediante las siguientes actividades y estrategias.

1. ***Crear un comité de control de cambios***. Esto es, un grupo que toma las decisiones sobre los cambios a la línea base del software o la documentación asociada. Dependiendo de la complejidad y tamaño del proyecto, se designará la cantidad de integrantes. Grandes proyectos requieren un comité con mayor cantidad de miembros. En proyectos de mediana o pequeña escala, el comité puede estar formado por 1 a 3 personas. MACAD-PP recomienda siempre la participación de un representante del cliente en este comité.

2. ***Definir un proceso para la gestión de los cambios***. Se debe tener claramente establecido el proceso para gestionar los cambios, estableciendo las fases de un cambio y los responsables de cada actividad. La Tabla A - 1 muestra un proceso genérico recomendado por MACAD-PP (este proceso está adaptado a partir de Sommerville [17])

Tabla A - 1.- Proceso de gestión de cambios recomendado

El *interesado* solicita un cambio[1]
El *analista* analiza la solicitud
Si el cambio es válido **entonces**
    Evaluar cómo implementar el cambio
    Evaluar los costos del cambio
    Registrar la petición del cambio
    Enviar la solicitud de cambio al *Comité de aprobación de cambios*
    Si el *comité de aprobación de cambios* acepta la solicitud **entonces**
        Repetir
            Realizar el cambio
            Registrar el cambio y asociarlo a la petición que lo generó
            Enviar el software al *equipo de calidad*
        Hasta la calidad sea adecuada
        Crear nueva versión del sistema
    En otro caso[2]
        Rechazar la petición de cambio
En otro caso[3]
    Rechazar la petición de cambio

[1] Se recomienda que esto se haga mediante un formulario de solicitud de cambio
[2] El comité de aceptación de cambios rechaza la solicitud
[3] El cambio no es válido

3. ***Utilizar un formulario de solicitud de cambios***. El uso de un formulario estandariza la presentación de los argumentos sobre los cuales se basan la solicitud de realizar algún cambio, además de permitir evidenciar los criterios y análisis considerados a la hora de aprobar o rechazar el cambio. La Tabla A - 2 muestra un ejemplo de un formulario de control de cambio, adaptado de la propuesta de Sommerville [17].

Tabla A - 2.- Formulario de solicitud de cambios

Sección de Identificación	
Proyecto:	Id.:
Solicitante cambio:	Fecha:
Cambio solicitado:	
Sección de Análisis	
Analista:	Fecha análisis:
Componentes afectados:	Componentes asociados:
Sección de evaluación	
Descripción:	
Prioridad:	
Sección de implementación	
Esfuerzo estimado:	
Fecha comité control cambio:	Fecha de decisión del comité:
Decisión:	
Responsable implementar cambio:	Fecha de cambio:
Fecha de envío a QA:	Decisión QA:
Fecha envío gestión de configuración:	
Observaciones:	

4. ***Mantener una base de datos de las solicitudes de cambio.*** Se recomienda registrar todas las solicitudes de cambios, para facilitar el seguimiento de las mismas y su posterior análisis.

5. ***Mantener un historial de cambios***. Se recomienda que además de mantener un registro general de todos los cambios realizados, que cada elemento modificado (código o documentación), mantenga un historial inmediato de sus cambios, por ejemplo, para el código un encabezado que indique: versión del código, nombre de quien realizó los cambios, fecha de los cambios, breve descripción del cambio hecho y la razón del cambio (o alguna referencia a un documento de respaldo, por ejemplo, al formulario de solicitud de cambio). Para los documentos, se recomienda incorporar una página inicial que incluya la misma información que se indicó para el código.

6. ***Seguir el estado de las peticiones de cambio***. Para asegurar que los cambios necesarios y autorizados por el comité de aprobación de cambios, sean implementados correctamente, se recomienda definir algún mecanismo que permita realizar el seguimiento del estado de cada cambio, en distintos instantes de tiempo.

A.5.2. Catálogo de actividades de PPQA

Este catálogo provee la identificación de actividades de aseguramiento de calidad, aplicables a proyectos de adquisición. Éstos pueden ser utilizados como punto de partida en la selección y definición de las actividades que se aplicarán en un proyecto específico. Las actividades recomendadas por MACAD-PP se basan en el estándar IEEE Std 1012-1998 [72].

CATÁLOGO DE ACTIVIDADES DE PPQA

Durante la creación de un producto de software, existen variadas actividades y tareas asociadas al aseguramiento de la calidad que pueden ser realizadas. Este catálogo se basa en las recomendaciones dadas por el estándar IEEE Std 1012-1998 Software Verification and Validation [72].

Este estándar identifica 4 niveles de integridad, que se muestran en la Tabla A-3. Las actividades recomendadas dependen del nivel de integridad. Estos niveles están asociados a la criticidad del producto de software, en base a su uso previsto y al sistema que sustenta. Por ejemplo, una aplicación médica, de la que depende la vida de un paciente, tiene una alta criticidad, mientras que una aplicación que sustenta una herramienta de escritorio posee una baja criticidad. A mayor criticidad, se requieren más actividades de validación y verificación.

La Tabla A - 3 muestra los niveles de criticidad definidos por el estándar IEEE Std 1012-1998 [72].

Tabla A - 3.- Niveles de criticidad del software

Criticidad	Descripción	Nivel
Alta	La función seleccionada afecta al desempeño de un sistema crítico.	4
Mayor	La función seleccionada afecta al desempeño de un sistema importante.	3
Moderada	La función seleccionada afecta al desempeño del sistema, pero se pueden implementar estrategias de solución para compensar la pérdida de desempeño.	2
Baja	La función seleccionada tiene notables efectos en el desempeño del sistema, pero sólo crea inconvenientes al usuario si la función no se desarrolla de acuerdo a los requisitos.	1

La Tabla A - 4 a la Tabla A - 7 muestran las actividades de V&V mínimas recomendadas por el estándar, para cada etapa del ciclo de vida del desarrollo de software, según la criticidad del producto que se está implementando.

Tabla A - 4.- Actividades Mínimas de V&V recomendadas, para el nivel de criticidad 1.

Tarea	Concepto	Requisitos	Diseño	Implementación	Pruebas	Instalación	Operación	Mantenimiento
Ejecución y verificación de pruebas de integración					X			
Gestión de V&V								
Análisis de la gestión de V&V	X	X	X	X	X	X	X	X
Generación del Plan de verificación y validación de software (SVVP)	X							X
Proceso de desarrollo								
Evaluación de los procedimientos de operación	X							
Evaluación del diseño de software			X					
Evaluación de los requisitos de software		X						
Revisión SVVP								X
Evaluación del código fuente y su documentación				X				
Ejecución y verificación de pruebas de sistema					X			
Generación y verificación del plan de pruebas del sistema		X						
Iteración de tareas								X
Generación y verificación del diseño de pruebas								
Integración			X					
Sistema			X					
Generación y verificación de casos de pruebas								
Integración				X				
Sistema				X				
Generación y verificación de procedimientos de pruebas								
Integración				X				
Sistema				X				

Tabla A - 5.- Actividades Mínimas de V&V recomendadas, para el nivel de criticidad 2.

Tarea	Concepto	Requisitos	Diseño	Implementación	Pruebas	Instalación	Operación	Mantenimiento
Ejecución y verificación de pruebas de aceptación					X			
Ejecución y verificación del plan de prueba de aceptación		X						
Ejecución y verificación del procedimiento de prueba de aceptación					X			
Evaluación de anomalías								X
Ejecución y verificación del plan de pruebas de componentes			X	X				
Evaluación de la documentación del concepto	X							
Análisis de criticidad	X	X	X	X				X
Evaluación de nuevas restricciones							X	
Análisis de interfaz		X	X	X				
Ejecución y verificación de pruebas de integración					X			
Gestión de V&V								
Valoración de cambios en la línea base		X	X	X	X	X		
Análisis de la gestión de V&V	X	X	X	X	X	X	X	X
Generación SVVP	X							X
Proceso de desarrollo								
Evaluación de procedimientos de operación	X							
Valoración de cambios propuestos							X	X
Evaluación del diseño de software			X					
Evaluación de requisitos de software		X						
Revisión SVVP								X
Evaluación del código fuente y su documentación				X				
Ejecución y verificación de pruebas de sistema					X			
Generación y verificación del plan de pruebas del sistema		X						
Iteración de tareas								X
Análisis de trazabilidad	X	X	X	X	X			
Generación del informe final de V&V						X		
Generación y verificación del diseño de pruebas								
Componente			X					
Integración			X					
Sistema			X					
Aceptación			X					
Generación y verificación de casos de pruebas								
Componente				X				
Integración				X				
Integración				X				

Tarea	Concepto	Requisitos	Diseño	Implementación	Pruebas	Instalación	Operación	Mantenimiento
Sistema				X				
Generación y verificación de procedimientos de pruebas								
Componente				X				
Integración				X				
Sistema				X				

Tabla A - 6.- Actividades Mínimas de V&V recomendadas, para el nivel de criticidad 3.

Tarea	Concepto	Requisitos	Diseño	Implementación	Pruebas	Instalación	Operación	Mantenimiento
Ejecución y verificación de pruebas de aceptación					X			
Ejecución y verificación del plan de pruebas de aceptación		X						
Ejecución y verificación del procedimiento de pruebas de aceptación					X			
Evaluación de anomalías								X
Ejecución y verificación de pruebas de componentes				X				
Ejecución y verificación del plan de pruebas de componentes			X					
Evaluación de la documentación del concepto	X							
Valoración de la gestión de configuración		X						
Análisis de criticidad	X	X	X	X				X
Evaluación de nuevas restricciones							X	
Análisis de amenazas	X	X	X	X	X	X	X	X
Comprobación de instalaciones						X		
Auditoría de la configuración de las instalaciones						X		
Análisis de interfaz		X	X	X				
Ejecución y verificación de pruebas de integración					X			
Gestión de V&V								
Valoración de cambios en la línea base		X	X	X	X	X	X	X
Interfaz con los procesos de soporte organizacional	X	X	X	X	X	X	X	X
Gestión y soporte de la revisión técnica	X	X	X	X	X	X	X	X
Análisis de la gestión de V&V	X	X	X	X	X	X	X	X
Generación SVVP	X							X

Tarea	Concepto	Requisitos	Diseño	Implementación	Pruebas	Instalación	Operación	Mantenimiento
Proceso de desarrollo								
Valoración de migración								X
Evaluación de los procedimientos de operación	X						X	
Valoración de los cambios propuestos							X	X
Análisis de riesgo	X	X	X	X	X	X	X	X
Valoración de retiro								X
Evaluación del diseño de software			X					
Evaluación de requisitos de software		X						
Revisión SVVP								X
Evaluación del código fuente y su documentación				X				
Ejecución y verificación de pruebas de sistema					X			
Generación y verificación del plan de pruebas del sistema		X						
Iteración de tareas								X
Análisis de trazabilidad	X	X	X	X	X			
Generación del reporte final de V&V						X		
Generación y verificación del diseño del pruebas								
Componente			X					
Integración			X					
Sistema			X					
Aceptación			X					
Generación y verificación de casos de pruebas								
Componente				X				
Integración				X				
Sistema				X				
Aceptación				X				
Generación y verificación de procedimientos de pruebas								
Componente				X				
Integración				X				
Sistema				X				

Tabla A - 7.- Actividades Mínimas de V&V recomendadas, para el nivel de criticidad 4.

Tarea	Concepto	Requisitos	Diseño	Implementación	Pruebas	Instalación	Operación	Mantenimiento
Ejecución y verificación de pruebas de aceptación					X			
Ejecución y verificación del plan de pruebas de aceptación		X						
Ejecución y verificación del procedimiento de pruebas de aceptación					X			
Evaluación de anomalías								X
Ejecución y verificación de pruebas de componentes				X				
Ejecución y verificación del plan de pruebas de componentes			X					
Evaluación de la documentación del concepto	X							
Valoración de la gestión de configuración		X						
Análisis de criticidad	X	X	X	X				X
Evaluación de nuevas restricciones							X	
Análisis de asignación de requisitos hardware/software/ usuario	X							
Análisis de amenazas	X	X	X	X	X	X	X	X
Comprobación de instalaciones						X		
Auditoría de la configuración de las instalaciones						X		
Análisis de interfaz		X	X	X				
Ejecución y verificación de pruebas de integración					X			
Gestión de V&V								
Valoración de los cambios en la línea base	X	X	X	X	X	X	X	X
Interfaz con los procesos de soporte organizacional	X	X	X	X	X	X	X	X
Gestión y soporte de la revisión técnica	X	X	X	X	X	X	X	X
Análisis de la gestión de V&V	X	X	X	X	X	X	X	X
Generación SVVP	X							X
Proceso de desarrollo								
Valoración de migración								X
Evaluación de procedimientos de operación	X						X	
Valoración de cambios propuestos							X	X
Análisis de riesgo	X	X	X	X	X	X	X	X
Valoración de retiro								X
Evaluación del diseño de software			X					
Evaluación de requisitos de software		X						
Revisión SVVP								X
Evaluación del código fuente y su documentación				X				
Ejecución y verificación de pruebas de sistema					X			

Tarea	Concepto	Requisitos	Diseño	Implementación	Pruebas	Instalación	Operación	Mantenimiento
Generación y verificación del plan de pruebas del sistema		X						
Iteración de tareas								X
Análisis de trazabilidad	X	X	X	X	X			
Generación del informe final de V&V						X		
Generación y verificación del diseño del pruebas								
Componente			X					
Integración			X					
Sistema			X					
Aceptación			X					
Generación y verificación de casos de pruebas								
Componente				X				
Integración				X				
Sistema				X				
Aceptación				X				
Generación y verificación de procedimientos de pruebas								
Componente				X				
Integración				X				
Sistema				X				

La Tabla A - 8 muestra otras tareas de V&V opcionales, sugeridas por el estándar IEEE 1012-1998 [72].

Tabla A - 8.- Tareas de V&V opcionales.

Tarea	Gestión	Concepto	Requisitos	Diseño	Implementación	Pruebas	Instalación	Operación	Mantenimiento
Análisis de Algoritmos			X	X	X				X
Auditoría de Desempeño			X	X	X	X	X		X
Auditoría de Soporte	X		X	X	X	X	X		X
Análisis de Control de Flujo			X	X	X				X
Análisis de Costes	X	X	X	X	X	X	X		X
Análisis de la Base de Datos			X	X	X	X			X
Análisis del Flujo de Datos			X	X	X				X
Valoración del Plan de Recuperación de desastres	X	X	X	X	X			X	X
Valoración de la Arquitectura Distribuida		X	X	X					X
Evaluación del Estudio de Factibilidad	X	X	X	X					X
Valoración de riesgos independiente	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tarea	Gestión	Concepto	Requisitos	Diseño	Implementación	Pruebas	Instalación	Operación	Mantenimiento
Inspecciones									
Concepto			X	X	X	X	X		X
Diseño				X					X
Requisitos			X						X
Código Fuente					X				X
Casos de prueba				X	X	X	X		X
Diseño de pruebas				X	X		X		X
Plan de pruebas			X	X	X		X		X
Evaluación Operacional								X	
Monitorización del desempeño	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Validación post-instalación							X	X	X
Supervisión de apoyo a la gestión de proyectos	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pruebas de calificación						X	X		X
Pruebas y análisis de regresión			X	X	X	X	X		X
Valoración de la reusabilidad	X	X	X	X					X
Valoración de la seguridad	X	X	X	X	X	X	X		X
Análisis de simulación		X	X	X	X	X	X	X	X
Análisis de tamaño y tiempo			X	X	X	X			X
Valoración software de sistema					X	X	X	X	X
Certificación de Pruebas						X	X	X	X
Evaluación de Pruebas			X	X	X	X	X	X	X
Testigos de pruebas						X	X	X	X
Evaluación documentos de entrenamiento			X	X	X	X	X	X	X
Evaluación documentación de usuario	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Entrenamiento usuarios						X	X	X	X
Generación plan de herramientas de V&V	X								X
Recorridos (Walkthroughs)									
Diseño				X					X
Requisitos			X						X
Código fuente					X				X
Pruebas						X	X		X

A.5.3. Catálogo de mecanismos de resolución de problemas

Este catálogo provee la identificación y descripción de algunos mecanismos básicos de resolución de problemas, aplicables a proyectos de adquisición. Éstos pueden ser utilizados como punto de partida en la selección y definición de los mecanismos que se aplicarán en un proyecto específico.

CATÁLOGO DE MECANISMOS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Para evitar o minimizar la aparición de problemas o conflictos durante el proyecto, se recomienda la aplicación de alguna técnica de análisis de riesgo al inicio del proyecto, para identificar posibles situaciones no deseadas, y regular las mismas mediante el contrato.

También es importante identificar claramente las responsabilidades de cada actividad realizada, lo cual contribuye en la resolución de cualquier problema.

Además, es muy recomendable establecer previamente los plazos de revisiones y retroalimentaciones o interacciones que pudieran generar algún tipo de desavenencia entre las partes.

Si a pesar de todas las recomendaciones previas, surge algún problema, MACAD-PP recomienda considerar los siguientes mecanismos para su resolución. Seleccionar aquél(los) que sean más adecuados para el proyecto de adquisición particular. Se recomienda determinar el orden de aplicación de los distintos mecanismos seleccionados.

Mecanismo	Descripción
Negociación entre las partes	Los interesados directamente afectados negocian la solución del problema. En este caso, es muy relevante la identificación previa de las responsabilidades.
Tribunal ejecutivo	Los directivos del proyecto, tanto del cliente como del proveedor, forman una comisión que determina cómo debe ser resuelto el problema.
Mediación	Un tercero imparcial se reúne con las partes. El mediador conoce por separado las posiciones y propuestas de resolución de ambas partes y luego propone alguna alternativa que concilie y consensue ambos intereses. Cualquier acuerdo tomado se debe registrar formalmente.
Arbitraje	Un tercero imparcial y con conocimiento en desarrollo de software y en el ámbito del problema particular, interviene, analiza y decide la mejor solución al problema. Puede ser un árbitro individual, o varios (uno nombrado por cada parte interesada), quienes luego de analizar la situación nombran un árbitro dirimente (que toma la decisión de resolución).
Peritaje	Más que una técnica por sí sola, el peritaje apoya cualquiera de los otros mecanismos, dado que se trata de que un experto en desarrollo de software, evalúa la situación y decide su resolución. Esto es, el peritaje aporta pruebas para tomar decisiones imparciales.
Litigio	Cuando las diferencias no pueden ser resueltas directamente entre las partes, se recurre a un tribunal formal que determina las responsabilidades y soluciones.

A.5.4. Catálogo de mecanismos de comunicación

Este catálogo provee la identificación y descripción de algunos mecanismos básicos de comunicación, aplicables a proyectos de adquisición. Éstos pueden ser utilizados como punto de partida en la selección y definición de los mecanismos que se aplicarán en un proyecto específico.

Los mecanismos recomendados por MACAD-PP se basan en la experiencia de algunos directores de proyectos. En el catálogo se muestran algunas ventajas y desventajas de cada mecanismo. Para un proyecto en particular, se puede elegir más de un mecanismo como oficial.

CATÁLOGO DE MECANISMOS DE COMUNICACIÓN

MACAD-PP recomienda considerar los siguientes mecanismos de comunicación. Seleccionar aquél(los) que sean más adecuados para el proyecto de adquisición particular.

Mecanismo	Ventajas	Desventajas
Correo electrónico	• Existe respaldo de los acuerdos. • Funciona aunque el proveedor no se encuentre físicamente junto al cliente.	• Puede existir retraso si una de las partes no acostumbra revisar y responder periódicamente su correo. • Pueden existir interpretaciones erróneas de las solicitudes.
Comunicación verbal presencial	• Se pueden aclarar inmediatamente las dudas.	• Provoca retrasos cuando el proveedor no se encuentra físicamente junto al cliente. • No queda registro de los acuerdos.
Comunicación verbal telefónica	• Se pueden aclarar inmediatamente las dudas. • Funciona aunque el proveedor no se encuentre físicamente junto al cliente.	• No queda registro de los acuerdos.
Documento escrito	• Existe respaldo de los acuerdos.	• Puede existir retraso debido al traslado físico de los documentos. • Pueden existir interpretaciones erróneas de las solicitudes. • Provoca retrasos cuando el proveedor no se encuentra físicamente junto al cliente.
Página web de control de proyecto	• Permite tener a la vista el estado actual del proyecto y otras variables. • Existe respaldo de los acuerdos.	• Puede existir retraso si una de las partes no acostumbra revisar periódicamente el sitio. • Pueden existir interpretaciones erróneas de las solicitudes.

A.5.5. Matriz de responsabilidades

Una vez identificadas las actividades de PPQA concretas a realizar en un proyecto, se debe asignar la responsabilidad de cada una de ellas a los distintos roles participantes en el proyecto. Esta relación actividad/rol genera la matriz de responsabilidades.

El formato e instrucciones para generar la matriz de responsabilidades se muestra a continuación.

MATRIZ DE RESPONSABILIDADES

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Actividad desarrollada por:	
Fecha realización:	

Actividad	Comprador	Usuario	Proveedor	Encargado Calidad Comprador	Encargado Calidad Proveedor	Equipo Desarrollo	Encargado Compras
Revisar licitación.	P			R			P
Definir los criterios de selección del proveedor.	R			P			P
Definir los criterios de calidad para el proceso.	P			R			
Definir los criterios de calidad para el producto.	P			R			
Definir versión 0 del plan de aceptación.	P	P		R			
Definir protocolo de aceptación.	P	P		R			
Asignar responsabilidades relacionados con PPQA.	P	P	P	R	P		
Revisar el contrato.	R		P	P			
Ajustar protocolo de aceptación.	P		P	R	P		
Revisar el plan de aceptación.				R	P		
Revisar la especificación de requisitos de software.		P		P	R	P	
Ejecutar plan de validación.		P		P	R	P	
Ejecutar plan de verificación.		P		P	R	P	
Revisar los reportes del proveedor.				R	P		
Contrastar los resultados.	R	P	P	P	P		
Ejecutar protocolo de aceptación.	R	P	P	P	P		
Evaluar al proveedor.	R	P		P			
Evaluar resultados del proyecto.	R	P		P			

Observaciones:

1. Las filas de la matriz muestran todas las actividades propuestas por MACAD-PP. Seleccionar aquellas que se estiman convenientes y suficientes para el proyecto en particular. Si se determina que se realizarán más actividades, incluirlas como filas nuevas.
2. Las columnas de la matriz muestran todos los participantes propuestos por MACAD-PP. Seleccionar y nombrar a aquéllos que participarán efectivamente en el proyecto en particular. Si se determina que participarán más roles, incluirlos como nuevas columnas.

3. Aquellas actividades marcadas con una letra ***P***, indican que el rol participa en la actividad, mientras que la letra ***R*** indica que el rol es el responsable de la realización de la actividad. La matriz muestra la distribución de responsabilidad y participación propuesta por MACAD-PP. Modificar en caso que se estime conveniente para el proyecto en particular.

A.5.6. Protocolo de aceptación

Este activo define las actividades a realizar para formalizar la aceptación de los productos generados en el proyecto de adquisición. Incorpora aspectos tales como roles autorizados para aceptar o rechazar los productos, pruebas finales que deben ser realizadas, documentos que deben ser generados, entre otros.

ESPECIFICACIÓN PROTOCOLO DE ACEPTACIÓN

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Documento desarrollado por:	
Fecha:	

Para concretar la aceptación de una iteración o del producto final, se deben cumplir las siguientes condiciones:

Rol Autorizado a aceptar		
Nombre quien cumple el rol		
Pruebas mínimas a realizar	Cobertura pruebas funcionales	
	Pruebas de integración con iteraciones anteriores	
	Pruebas de usabilidad	
	Pruebas de plataforma (producto final)	
Reportes de respaldo a exigir	Informe de validación	
	Informe de verificación	
	Informe de aceptación	
Actividades a realizar en caso de no aceptación	Actividad:	Responsable:

Observaciones

1. Las pruebas mínimas que aparecen en este formulario son las mínimas recomendadas, agregar otras según se estime conveniente para el proyecto particular.
2. Los informes de respaldo que aparecen en este formulario son los mínimos recomendados, agregar otros según se estime conveniente para el proyecto particular.
3. En caso de no aceptar el producto, indicar qué actividades se deben realizar y quién será el rol responsable de cada una de ellas (por ejemplo: re-ejecutar el plan de V&V del proveedor – Responsable: encargado de calidad del proveedor).

A.5.7. Plan de aceptación

Es el documento que formaliza el marco de gestión de calidad para un proyecto de adquisición específico.

El formato e instrucciones para generar el plan de aceptación se muestra a continuación.

PLAN DE ACEPTACIÓN

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Documento desarrollado por:	
Fecha:	

1. Actividades Mínimas de PPQA		
2. Mecanismo Control de Cambio		
3. Validación	Productos a validar	
	Pruebas a realizar	
	Entorno e Infraestructura	
	Informes a generar	
4. Verificación	Productos a verificar	
	Revisiones a realizar	
	Entorno e Infraestructura	
	Informes a generar	
	El plan de prueba existe y está disponible	☐ SI ☐ NO
5. Mecanismo de resolución de problemas		

6. Mecanismo de comunicación		
7. % Mínimo de requisitos comprometidos que deben estar implementados		
8. Otras consideraciones	¿Se exigirán actividades de Validación y Verificación Independiente?	☐ Si ☐ No
	Nombre ente externo	

Instrucciones de relleno:

1. Seleccionar a partir del catálogo de Actividades de PPQA, aquéllas que se consideran como imprescindibles para obtener un producto de calidad.
2. Seleccionar a partir del catálogo de mecanismos de control de cambios, aquél que se utilizará en el presente proyecto.
3. Teniendo a la vista la especificación de criterios de calidad para el producto y el proceso, identificar:
    a. Los productos que serán validados durante el desarrollo del proyecto.
    b. Las pruebas mínimas que se desarrollarán.
    c. En qué entorno e infraestructura se desarrollarán estas pruebas.
    d. Qué informes debe generar y proporcionar el proveedor.
4. Teniendo a la vista la especificación de criterios de calidad para el producto y el proceso, identificar:
    a. Los productos que serán verificados durante el desarrollo del proyecto.
    b. Las revisiones mínimas que se desarrollarán.
    c. En qué entorno e infraestructura se desarrollarán estas revisiones.
    d. Qué informes debe generar y proporcionar el proveedor.
5. Seleccionar a partir del catálogo de mecanismos de resolución de problemas, aquél que se utilizará en el presente proyecto.
6. Seleccionar a partir del catálogo de mecanismos de comunicación, aquél que se utilizará en el presente proyecto.
7. Indicar el % mínimo de requisitos comprometidos para la entrega, que deben estar correctamente implementados para aceptar el producto (parcial o final).

A.5.8. Lista de comprobación del plan de aceptación

Define los criterios y características que debe cumplir el plan de aceptación, y los aspectos que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar su revisión.

LISTA DE COMPROBACIÓN PARA EL PLAN DE ACEPTACIÓN

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Revisión desarrollada por:	
Fecha Revisión:	

CRITERIO	REVISIÓN	OBSERVACIONES
1. El plan de aceptación fue desarrollado considerando y en concordancia con la especificación de criterios de calidad del producto y del proceso.	☐	
2. Las actividades mínimas de PPQA incluidas en el plan de aceptación fueron determinadas considerando el catálogo de actividades de PPQA propuesto.	☐	
3. Los mecanismos de control de cambios incluido en el plan de aceptación fueron determinados considerando el catálogo de mecanismos de control de cambios propuesto.	☐	
4. Los mecanismos de control de cambios incluido en el plan de aceptación pueden ser implementados y cumplidos con los recursos e infraestructura disponible para el proyecto.	☐	
5. Se han identificado claramente los productos que serán validados y verificados durante el desarrollo del proyecto.	☐	
6. Las pruebas y revisiones identificadas en el plan de aceptación pueden ser desarrolladas con los recursos e infraestructura disponible para el proyecto.		
7. La infraestructura y entorno indicados para las actividades de V&V son equivalentes a la infraestructura y entorno esperado de explotación del producto en desarrollo.	☐	

CRITERIO	REVISIÓN	OBSERVACIONES
8. Los informes de V&V solicitados al proveedor, entregan suficiente evidencia que permita asegurar que las actividades de PPQA se desarrollaron de manera adecuada.	☐	
9. Los mecanismos de resolución de problemas identificados para el proyecto fueron determinados considerando el catálogo de mecanismos de resolución de problemas propuesto.	☐	
10. Los mecanismos de resolución de problemas determinados para el proyecto pueden ser implementados y cumplidos con los recursos e infraestructura disponible para el proyecto.	☐	
11. Los mecanismos de comunicación identificados para el proyecto fueron determinados considerando el catálogo de mecanismos de comunicación propuesto.	☐	
12. Los mecanismos de comunicación determinados para el proyecto pueden ser implementados y cumplidos con los recursos e infraestructura disponible para el proyecto.	☐	
13. El plan de aceptación indica claramente si se requerirá la participación de un ente validador independiente (externo).	☐	
14. En caso de considerar validación independiente, se ha identificado claramente qué organización desarrollará esta labor.	☐	

A.6. ACTIVOS RELACIONADOS CON ACTIVIDADES PROVEEDOR

Como se describe en la identificación de roles participantes en la metodología (véase sección 2 del presente capítulo), el proveedor y equipo de desarrollo deben realizar algunas de las actividades de MACAD-PP. Estas actividades están directamente relacionadas con la verificación y la validación de los productos generados. Los activos que apoyan estas actividades son:

- Informe de verificación y validación del proveedor.
- Lista de comprobación de los informes del proveedor.
- Documento de aceptación de los informes del proveedor.

A continuación, se muestran cada uno de estos activos.

A.6.1. Informe de verificación y validación del proveedor

Este activo define los resultados esperados del plan de verificación y validación del equipo desarrollador. Es la evidencia de las actividades realizadas.

El informe de verificación y validación propuesto por MACAD-PP se basa en las recomendaciones del estándar IEEE Std 1012-1998 *Software Verification and Validation* [72].

INFORME DE VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL PROVEEDOR

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Documento desarrollado por:	
Fecha:	

ACTIVIDADES REALIZADAS				
Actividad	**Producto/Proceso**	**Responsable**	**Resultado**	**Observación**
ANOMALÍAS				
Anomalía	**Localización**	**Causa**	**Resolución**	**Recomendación**
VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO				
LECCIONES APRENDIDAS				
OBSERVACIONES				

A.6.2. Lista de comprobación de los informes del proveedor

Define el contenido mínimo y las características que deben cumplir los informes generados por el proveedor, y los aspectos que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar su revisión.

LISTA DE COMPROBACIÓN PARA EL INFORME DEL PROVEEDOR

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Revisión desarrollada por:	
Fecha Revisión:	

CRITERIO	REVISIÓN	OBSERVACIONES
1. Las actividades que aparecen en el informe son consistentes con las actividades mínimas definidas en el plan de aceptación.	☐	
2. Las actividades que aparecen en el informe son consistentes con el plan de pruebas existente.	☐	
3. Cada actividad tiene registrados los resultados obtenidos.	☐	
4. Los ítems (productos/procesos) a los que se les aplicó actividades de V&V son consistentes con los indicados en el plan de aceptación.	☐	
5. Las causas de las anomalías están claramente identificadas.	☐	
6. Los mecanismos que resuelven las anomalías (resolución) son adecuados y consistentes con las causas identificadas.	☐	
7. La valoración de la calidad del producto es realista y consistente con los resultados de las actividades y con las anomalías identificadas.	☐	

CRITERIO	REVISIÓN	OBSERVACIONES
8. Las anomalías identificadas y sus recomendaciones asociadas se ven reflejadas en las lecciones aprendidas a través de la identificación de buenas prácticas o prácticas que deben evitarse o eliminarse.	☐	
9. Existen evidencias suficientes que respalden las actividades desarrolladas.	☐	
10. Existen evidencias suficientes que respalden que las anomalías detectadas han sido resueltas.	☐	

A.6.3. Documento de aceptación de los informes del proveedor

Una vez realizada la revisión, si los informes cumplen las características y los contenidos deseados, se debe dejar evidencia que se realizó la actividad y que los informes han sido aceptados.

ACEPTACIÓN INFORMES DEL PROVEEDOR

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Aceptación desarrollada por:	
Fecha Aceptación:	

En base a la revisión realizada a los informes de verificación y validación entregados por el proveedor, utilizando el documento (poner aquí el identificador del documento de la lista de comprobación), desarrollada por (poner aquí el nombre del revisor), con fecha (poner aquí la fecha de la revisión), se dan por ACEPTADOS LOS INFORMES, autorizando de esta manera la continuación de las siguientes etapas en el desarrollo del presente proyecto.

Firma Comprador Firma Encargado Calidad Cliente

A.7. ACTIVIDADES DE CIERRE DEL PROYECTO

Al finalizar el proyecto de adquisición, se generan una serie de documentos que permiten realizar el análisis de los resultados obtenidos, y del rendimiento del proceso. Los activos relacionados son:

- Informe de resultados.
- Informe de aceptación.
- Formulario de evaluación del proveedor.
- Formulario de evaluación del proyecto.

A continuación, se muestran cada uno de estos activos.

A.7.1. Informe de resultados

Este informe resume los resultados de las pruebas de aceptación de los productos desarrollados, y del cumplimiento de los criterios y protocolos especificados.

INFORME DE RESULTADOS

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Aceptación desarrollada por:	
Fecha Aceptación:	

CUMPLIMIENTO CRITERIOS ESPECIFICADOS			
Criterios de calidad del proceso	Formalidad	SI	NO
	Gestión de la calidad	SI	NO
	Evidencias	SI	NO
	Ejecución	SI	NO
Criterios de calidad del producto	Características producto final	SI	NO
	Calidad el código	SI	NO
	Proceso de revisión	SI	NO
CUMPLIMIENTO PROTOCOLO DE ACEPTACIÓN			
Cobertura de pruebas comprometida			
Cobertura de pruebas real			
¿Se realizaron pruebas de usabilidad?		SI	NO
¿Se realizaron pruebas de plataforma?		SI	NO
Informes recepcionados (Indicar nombre informe y su identificador)			
CUMPLIMIENTO PLAN DE ACEPTACIÓN			
Cantidad de requisitos comprometidos			
Cantidad de requisitos realmente implementados			
¿Se cumplió el plan de aceptación?		SI	NO
En caso de haber comprometido V&V independiente ¿se realizó?		SI	NO
¿Existen evidencias de las actividades de V&V desarrolladas?		SI	NO
¿Existen evidencias que todas las anomalías han sido resueltas?		SI	NO
Las actividades de V&V desarrolladas ¿son suficientes para garantizar la calidad del producto recepcionado?		SI	NO
RESULTADO			
¿Se acepta el producto?		SI	NO

A.7.2. Informe de aceptación

Es la formalización de la aceptación del producto final o alguna versión parcial ejecutable del producto final.

ACEPTACIÓN DEL PRODUCTO

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Aceptación desarrollada por:	
Fecha Aceptación:	

Teniendo en cuenta los siguientes informes y especificaciones:

1. La especificación del protocolo de aceptación, definida en el documento (poner aquí el id del documento)
2. El plan de aceptación definido en el documento (poner aquí el id del documento)
3. El informe de verificación y validación entregado por el proveedor (poner aquí el identificador del documento del informe de V&V del proveedor)
4. Y el informe de resultados (poner aquí el id del documento de resultados), revisado por (poner aquí el nombre del revisor), con fecha (poner aquí la fecha de la revisión).

Se da por ACEPTADO EL PRODUCTO correspondiente a la versión (poner aquí el número de versión), autorizando de esta manera la continuación de las siguientes etapas en el desarrollo del presente proyecto. Esta versión aceptada es el resultado de la iteración (indicar el número de iteración o producto final si corresponde).

Firma Comprador Firma Encargado Calidad Cliente

A.7.3. Formulario de evaluación del proveedor

Este activo es utilizado para realizar la evaluación del rendimiento del proveedor durante el proyecto. El uso de un formulario permite realizar una evaluación estandarizada y objetiva que apoye toma de decisiones futuras.

El formulario de evaluación se muestra a continuación.

FORMULARIO DE EVALUACIÓN DEL PROVEEDOR

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Evaluación desarrollada por:	
Fecha Evaluación:	

1. ¿El proveedor respetó los acuerdos especificados en el contrato?

   Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

   Si la respuesta es *Parcialmente* ¿qué faltó?

2. El proveedor durante todo el proyecto ¿siguió un proceso de desarrollo claramente establecido?

   Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

3. El equipo de desarrollo del proveedor ¿respetó los estándares de codificación y documentación comprometidos?

   Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

4. El proveedor ¿realizó una gestión de riesgos adecuada?

   Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

5. Los roles en el equipo desarrollador del proveedor ¿estaban claramente definidos y se respetaron?

   Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

6. El proveedor ¿cumplió con los mecanismos de gestión de la configuración y control de cambios comprometidos?

   Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

7. El proveedor ¿facilitó que el comprador conociera en cada instante el estado de avance del proyecto?

   Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

8. El proveedor ¿respetó los mecanismos de comunicación establecidos?

   Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

9. El proveedor ¿realizó adecuadamente las actividades de Verificación y Validación?

   Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

10. El proveedor ¿respetó el plan y el protocolo de aceptación?

    Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

11. La documentación entregada por el proveedor ¿es adecuada y útil?

    Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

12. ¿Volvería a contratar el mismo Proveedor?

    Si ☐ No ☐

A.7.4. Formulario de evaluación del proyecto

Este activo es utilizado para realizar la evaluación de los resultados obtenidos en el proyecto. El uso de un formulario permite realizar una evaluación estandarizada y objetiva, que incorpore las fortalezas y oportunidades de mejora para tenerlos en cuenta en futuros proyectos.

El formulario de evaluación se muestra a continuación.

FORMULARIO DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Identificador Proyecto:	
Nombre Proyecto:	
Identificador documento:	
Evaluación desarrollada por:	
Fecha Evaluación:	

13. ¿Se cumplió el calendario comprometido?

    Si ☐ No ☐

    Si la respuesta es *No* ¿qué porcentaje se cumplió? _____%

14. ¿Se cumplió el presupuesto comprometido?

    Si ☐ No ☐

    Si la respuesta es *No* ¿qué porcentaje se sobrepasó? _____%

15. ¿Se implementaron todos requisitos especificados?

    Si ☐ No ☐

    Si la respuesta es *No* ¿qué porcentaje se implementó?_____%

16. ¿Todos los interesados de la organización respetaron los acuerdos establecidos en el contrato?

    Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

17. ¿Se supervisó adecuadamente el proyecto?

    Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

18. ¿Se conocía en todo momento el estado de avance y desarrollo del proyecto?

    Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

19. El plan de aceptación definido ¿se cumplió y fue adecuado?

Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

20. ¿Los mecanismos de comunicación establecidos fueron adecuados?

Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

21. ¿Los mecanismos de resolución de problemas establecidos fueron adecuados?

Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

22. El encargado de calidad del comprador ¿cumplió adecuadamente su rol?

Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

23. El producto adquirido ¿satisface los requisitos de calidad especificados?

Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

24. El producto adquirido ¿funciona correctamente en el entorno esperado?

Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

25. El producto adquirido ¿Cuenta con ayuda adecuada para su uso?

Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

26. Para cada problema enfrentado en el desarrollo del proyecto ¿se identificaron claramente sus causas?

Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

27. Cada problema enfrentado en el desarrollo del proyecto ¿fue solucionado satisfactoriamente?

Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

28. ¿Se registraron las lecciones aprendidas?

Si ☐ No ☐

29. ¿Qué prácticas no se pueden repetir en futuros proyectos?

30. ¿Qué prácticas se deben incorporar en todos los futuros proyectos?

31. ¿El producto adquirido satisface las expectativas del comprador y los usuarios?

Si ☐ No ☐

32. ¿El comprador y los usuarios están satisfechos con el desarrollo del proyecto?

Si ☐ No ☐

A.8. OTROS DOCUMENTOS

Para cada actividad desarrollada, se crean evidencias de su realización y resultados. Los activos relacionados son:

A.8.1. Registro de actividad realizada

Es la evidencia de las actividades realizadas y sus principales resultados.

El formato e instrucciones de llenado del registro de actividades realizadas se muestran a continuación.

REGISTRO DE ACTIVIDADES

Identificador Proyecto:
Nombre Proyecto:
Identificador documento:
Registro desarrollado por:
Fecha Actualización

	ACTIVIDADES	ESTADO	REALIZADA POR	FECHA REALIZACIÓN	OBSERVACIONES
1	Revisar licitación.				
2	Definir los criterios de selección del proveedor.				
3	Definir los criterios de calidad para el proceso.				
4	Definir los criterios de calidad para el producto.				
5	Definir versión 0 del plan de aceptación.				
6	Definir protocolo de aceptación.				
7	Asignar responsabilidades relacionados con PPQA.				
8	Revisar el contrato.				
9	Ajustar protocolo de aceptación.				
10	Revisar el plan de aceptación.				
11	Revisar la especificación de requisitos de software.				
12	Ejecutar plan de verificación.				
13	Ejecutar plan de validación.				
14	Revisar los informes del proveedor.				
15	Contrastar los resultados.				
16	Ejecutar protocolo de aceptación.				
17	Evaluar al proveedor.				
18	Evaluar resultados del proyecto.				

Observaciones:

1. La lista de actividades debe ser consistente con las actividades que aparecen en la Matriz de Responsabilidades, esto es, las actividades que efectivamente se desarrollarán para el proyecto específico.
2. Los estados sugeridos son tres: Sin realizar - Realizada - No conforme.

A.8.2. Registro de no conformidades

Este documento permite registrar que alguna actividad no ha sido realizada bajo los estándares o criterios definidos o que los productos desarrollados no cumplen las características deseadas.

El registro de no conformidades se genera automáticamente a partir del registro de actividades realizadas.

ANEXO B: PATRONES DE PROYECTOS DE ADQUISICIÓN DE SOFTWARE

B. PATRONES DE PROYECTOS DE ADQUISICIÓN DE SOFTWARE

B.1. INTRODUCCIÓN

Los proyectos de software fallan ya sea en la forma de completo colapso, donde se cancela el proyecto, o por ser incapaz de satisfacer objetivos parciales, pero que son críticos, tales como el incumplimiento del presupuesto o de las restricciones de tiempo [73]. Por esta razón, se ha realizado este trabajo, en el cual se busca definir patrones de los proyectos de adquisición de software con los cuales apoyar y facilitar la gestión y el éxito de los mismos. El trabajo realizado se basa en el hecho que el conocimiento para dominios específicos, como lo es la adquisición de software, necesita ser presentado de manera que facilite la captura, almacenamiento, búsqueda y recuperación del conocimiento para permitir de esta forma su reuso [73].

B.2. DEFINICIÓN DE PATRÓN DE PROYECTO DE ADQUISCIÓN

Según la Real Academia de la Lengua Española [40], un patrón es un "*Modelo que sirve de muestra para sacar otra cosa igual*". En base a esto, y teniendo en cuenta que un patrón es una solución a problemas que ocurren comúnmente [73], se define un patrón de proyecto de adquisición como un tipo de proyecto de adquisición, que posee características peculiares, identificables que influyen o determinan las estrategias o técnicas de control que deben aplicarse para garantizar el éxito de su ejecución. Por ejemplo, las actividades necesarias para mantener el control sobre la adquisición de un producto desarrollado a la medida, diferirá de aquéllas necesarias durante la adquisición de un producto comercial.

Los proyectos de adquisición pueden ser clasificados bajo diversos criterios. La combinación de estas clasificaciones determina la existencia de patrones para los proyectos de adquisición. Ejemplos de criterios de clasificación de los proyectos de adquisición son: según el tipo de equipo de desarrollo (interno o externo) [33]; según el tipo de producto que se está adquiriendo [20]; en función de la relación existente entre el equipo desarrollador y el usuario final [34]; o el tipo de labor a desarrollar por la organización externa [9].

Contar con patrones de proyectos de adquisición de software, permite que cada estrategia aplicada para asegurar un resultado exitoso en proyectos particulares, puede organizarse de manera más adecuada, según las características propias de cada patrón. Como plantea Stamelos [73], la formalización de patrones provee la oportunidad de construir herramientas más inteligentes.

B.3. PATRONES IDENTIFICADOS

Se determinaron los criterios de clasificación para la generación de patrones para proyectos de adquisición. A continuación, se mencionan dichos criterios:

a) **Tipo de producto en adquisición**. Existen productos a la medida o comerciales. Los productos a la medida son aplicaciones únicas, para una aplicación específica, definida por completo por el cliente [20]. Los productos comerciales son elementos que pueden comprarse a un vendedor comercial [39]. Las actividades a desarrollar según el tipo de producto difieren. Cuando se opta por un producto comercial, se debe identificar los requisitos, evaluar paquetes alternativos, seleccionar uno, en ocasiones adaptarlo, instalarlo y probarlo [33]. Cuando se adquiere un producto a la medida, usualmente se iteran los siguientes pasos: análisis de las necesidades, diseño del sistema, codificación, pruebas, entrenamiento e instalación [33].
b) **Metodologías utilizadas en el desarrollo del producto**. Hasta hace un par décadas, se creía que la mejor forma de obtener un software de calidad era a través de procesos de desarrollo controlados y rigurosos [70]. Este enfoque implica una fuerte carga en la planificación, diseño y documentación de los proyectos. Esta estrategia, válida para grandes proyectos, resulta poco adecuada para sistemas de negocio pequeños y de tamaño medio [70], ante lo cual surgen las metodologías ágiles. Hechos como la complejidad en la construcción de software, la alta tasa de cambios de los nuevos productos de software y lo imprevisible de su creación son algunas de las principales motivaciones para el uso de métodos iterativos y ágiles [74]. Estos últimos permiten a los equipos de desarrollo centrarse en el software por sobre su diseño e implementación [70].
c) **Relación entre el comprador y el equipo desarrollador**. Se identifican dos tipos de equipo desarrollador: interno denominado insourcing, el cual corresponde a un equipo de desarrolladores que pertenecen a la misma organización que utilizará el software; o externo conocido como outsourcing, en donde se contratan los servicios de una empresa externa que realiza el desarrollo del producto [33]. Baker y Fisher [34] presentan tres tipos de relaciones entre la organización desarrolladora y el usuario final: el cliente y el usuario final son el mismo en la interacción con el equipo desarrollador; el usuario final es representado por un comprador que interactúa con el equipo desarrollador; y el comprador y el conjunto de usuarios finales interactúan con el equipo desarrollador.
d) **Capacidad de adaptación del producto adquirido**. Se refiere a los productos comerciales mencionados en el criterio "Tipo de producto en adquisición". Los productos comerciales pueden clasificarse como paquetes COTS (Comercial-off-the-shell) o MOTS (Modified-off-the-shell) [20]. Dicha clasificación se basa en el grado en que el usuario puede ajustar las funcionalidades del producto software. Los paquetes COTS son definidos en términos de una necesidad del mercado, están disponibles comercialmente, y

está demostrado que satisfacen un amplio espectro de usos comerciales [20]. Los paquetes MOTS son similares a los anteriores, pero pueden ser adaptados según los requisitos de un cliente particular [20].

La relación entre las categorías se estableció según los siguientes criterios:

- Identificación de los términos representativos de la adquisición de software. Dichos términos se deducen a partir del estudio de diversas fuentes.
- Asignación de términos a cada componente de la clasificación, que da lugar a las categorías que la estructurarán.
- Revisión y análisis de documentación e información del ámbito de la adquisición, entre los cuales destacan: el modelo eSCM [75], el proyecto CHAOS desarrollado por The Standish Group [5], IEEE Recommended Practice for Software Acquisition [20], Basic Principles and Concepts for Achieving Quality [34], CMMI for Acquisition [1].

A continuación, en la Figura B. 1 se muestra el resultado de la clasificación identificada.

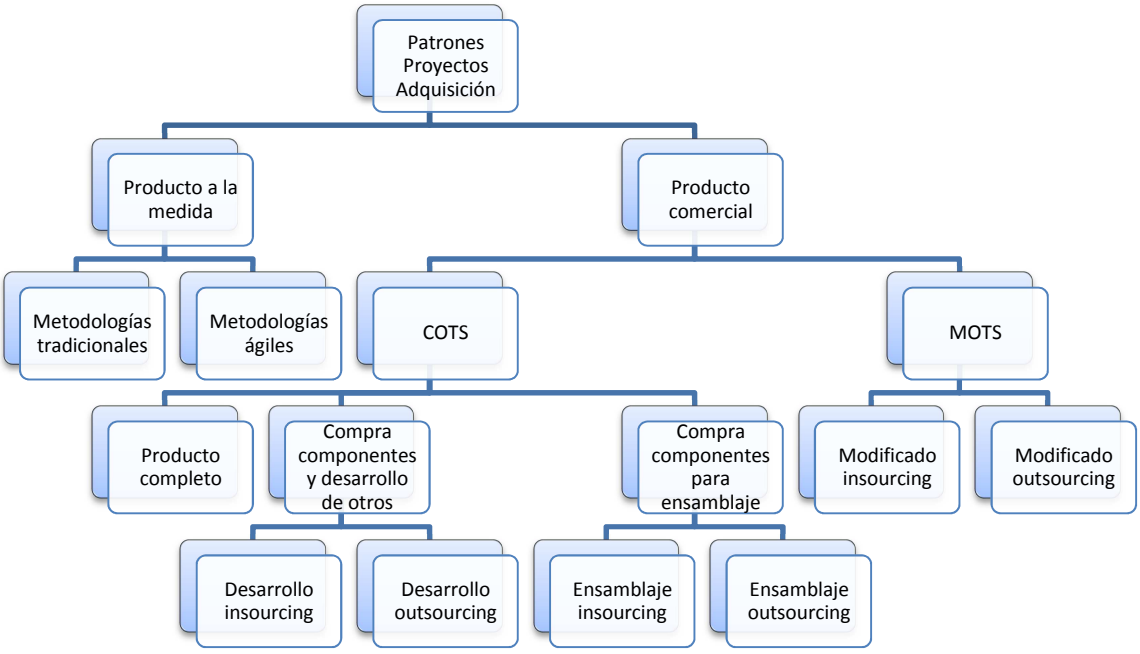

Figura B. 1.- Patrones de proyectos de adquisición de software

Cabe destacar que la clasificación identificada puede servir de base para la generación de una ontología relacionada con la adquisición de software. Las ontologías son uno de los mecanismos que pueden utilizarse para la formalización de patrones [76].

Como se observa en la Figura B. 1, se identificaron nueve patrones de proyectos de adquisición, los cuales poseen características particulares que deben tenerse en cuenta a la hora de gestionarlos. Los patrones son:

1. **Adquisición de un producto a la medida, desarrollado utilizando metodologías tradicionales**. Adquirir un producto a la medida permite que el adquiriente controle y participe en el ciclo de desarrollo del producto. Al utilizar una metodología tradicional, el control se puede ejercer mediante la revisión de los múltiples artefactos generados durante la creación del producto software.
2. **Adquisición de un producto a la medida, desarrollado utilizando metodologías ágiles**. Si el desarrollo es realizado utilizando metodologías ágiles, se requiere de una mayor participación y compromiso por parte del adquiriente (es una de los principios de las metodologías ágiles). El control debe ser realizado de una manera que no reste agilidad al proceso mediante la incorporación de mucha documentación o excesivas tareas extras.
3. **Adquisición de un producto COTS completo**. Como se ha indicado en secciones previas, un producto comercial es aquél que puede ser adquirido a un vendedor comercial, en el cual el cliente que adquiere no puede especificar requisitos específicos, sino mas bien, debe buscar entre componentes alternativos, el que mejor se adecue a sus necesidades. La gestión y control a realizar en proyectos de este tipo van más bien por gestionar la selección del componente más adecuado.
4. **Adquisición de algunos componentes COTS que serán ensamblados a un desarrollo realizado por un equipo interno**. Este patrón tiene como mayor complejidad la selección de los componentes adecuados para satisfacer parte de los requisitos del sistema en desarrollo. Si estos componentes serán ensamblados por un equipo interno, el adquiriente puede tener control absoluto sobre las actividades realizadas por el equipo de desarrollo.
5. **Adquisición de algunos componentes COTS que serán ensamblados a un desarrollo realizado por un equipo externo**. El adquiriente debe controlar la correcta selección de los componentes, tarea que se ve complicada si esta selección se realiza fuera de su organización. A lo anterior, se suma la necesidad de controlar los procesos de desarrollo del proveedor.
6. **Adquisición de distintos componentes COTS que serán ensamblados por un equipo interno**. Al ser un equipo interno, la selección de los componentes es desarrollada internamente, por lo cual se puede controlar el proceso de selección. Dado que no hay desarrollo, sino sólo ensamblaje de componentes, las actividades a gestionar son distintas.
7. **Adquisición de distintos componentes COTS que serán ensamblados por un equipo externo**. El adquiriente debe velar porque el equipo externo haga una correcta selección de los componentes a ensamblar. Como no existe desarrollo, se deben realizar actividades de control diferentes.
8. **Adquisición de componente MOTS que será adaptado por un equipo interno**. Este patrón tiene algunas similitudes con el desarrollo de productos a la medida. Difiere en el hecho que el desarrollo no se parte desde cero, sino en base al componente adquirido. Si bien existen algunas actividades de gestión similares entre ambos patrones, se debe resguardar por la selección del componente más adecuado que permita agilizar la obtención del producto software final. Dado que el trabajo y selección son internos, es más fácil de controlar.

9. **Adquisición de componente MOTS que será adaptado por un equipo externo**. Se debe resguardar que el equipo externo realice la selección del componente más adecuado que permita agilizar la obtención del producto software final. El adquiriente también debe controlar el proceso de adaptación que aplicará el proveedor externo.

B.4. CONCLUSIONES

En la actualidad se observa un alto crecimiento en la tendencia de externalizar el desarrollo de software, hecho que dista de los resultados observados en los proyectos de adquisición. Numerosos proyectos fallan debido a múltiples causas [9, 77], entre las que se encuentra la carencia o inadecuada gestión de proyectos. Con el fin de atacar las causas de fallos, se propone identificar y desarrollar estrategias que permitan mejorar el porcentaje de proyectos finalizados exitosamente.

Para incrementar las probabilidades de éxito de los proyectos de adquisición, se hace necesario identificar patrones que caractericen distintos aspectos asociados al producto en adquisición. La identificación de qué tipo de proyecto es el que se realizará, permitirá a los gestores de los proyectos, seleccionar las estrategias más adecuadas para mantener el control sobre el proceso de adquisición. Por otra parte, estos patrones identificados, permitirán a los investigadores en el área de adquisición de software, desarrollar propuestas más ajustadas y adaptarlas a las características particulares y específicas de cada patrón.

Se espera que el uso de patrones de adquisición, sean una herramienta para gestionar y facilitar el acceso al conocimiento relacionado con la gestión de proyectos de adquisición de software.

ANEXO C: CASO DE ESTUDIO

C. CASO DE ESTUDIO

C.1. DESCRIPCIÓN SISTEMA ADMINISTRADOR JARDÍN TAKINKI

A continuación, se presenta una copia textual (texto en cursiva) de la descripción del sistema realizada por el equipo desarrollador.

INTRODUCCIÓN

En este documento se describe el sistema "Administrador Jardín Takinki" para la administración del jardín infantil y sala cuna de la Universidad Católica del Norte (UCN) mediante un software de escritorio que cumple tareas rutinarias de este tipo de establecimiento. Este Jardín Infantil atiende a los hijos de los estudiantes de la UCN.

El jardín y sala cuna "Jardín Takinki" encuentra la necesidad de automatizar algunas funciones relacionadas con la administración del jardín, tales como la administración de los párvulos, la actualización de los datos de contacto correspondientes a los apoderados así como también la información perteneciente a las personas que están autorizadas al traslado del párvulo. Además se necesita tener la información de alergias e intolerancias alimenticias que afectan a los párvulos. También se hace necesario el control y estadística de asistencia para tener un mejor control respecto a la alimentación diaria y, a los informes mensuales que son requeridos por la Junta Nacional de Jardines Infantiles. Adicionalmente se hace necesario tener un inventario digitalizado de bodega para controlar el pedido de raciones alimenticias de forma más precisa y supervisada.

Se presenta la descripción del problema en forma detallada y un diagrama mediante el modelo del dominio del sistema, mostrando los actores involucrados y los casos de uso asociados a ellos.

Término	Categoría	Comentarios
JUNJI	Tipo	Junta Nacional de Jardines Infantiles.
Párvulo	Tipo	Niño menor a seis años que recibe educación pre escolar.
Jardín	Tipo	Establecimiento que imparte educación pre escolar a párvulos.
Usuario	Tipo	Es quien interactúa con el sistema.
Parvularia Sala Cuna	Atributo	Educadora de párvulos, correspondiente a los niveles de Sala Cuna (Menor y Mayor).
Parvularia Medio	Atributo	Educadora de párvulos, correspondiente a los niveles de Medio (Menor y Mayor).
Apoderado	Atributo	Persona responsable del párvulo ante el jardín, debe ser alumno de la UCN.
Autorizado	Atributo	Persona registrada por el apoderado que tiene el permiso de dejar y retirar al párvulo del jardín.
Datos de Acceso	Tipo	Sirve para autentificarse en el sistema, consta de un nombre de usuario, clave y tipo de Usuario

Descripción del Problema

La organización del Jardín Takinki está definida por una Directora y las Educadoras de Párvulos a cargo de los distintos niveles asociados a las edades que conforman la organización del jardín. Los procesos que se llevan a cabo son el control y estadística de asistencia a base de un formato de planilla predefinido por la JUNJI, para este caso se controla el total de días asistidos por Párvulo y el total de asistencia diaria. También se utiliza una ficha que cada apoderado llena al momento de postular o integrarse, que contiene los datos de contacto, paralelamente el jardín cuenta con un registro de personas autorizadas para el retiro de los párvulos no excediendo un máximo de dos (2), adicionalmente se registran las alergias e intolerancias que puedan afectar a un párvulo en específico.

Además existen dos Manipuladoras de alimentos, quienes controlan el stock de bodega y las raciones alimenticias asignadas a los Párvulos. Las entregas son semanales y en el caso de la extensión horaria por Párvulo se debe mantener un control de raciones aparte, para lo cual mantienen un control de gastos para adecuar los pedidos.

Actualmente esta información es registrada de forma manual y escrita en papel, acarreando distintos problemas de almacenamiento de la información en cuanto a espacio y tiempo de búsqueda, así como también la pérdida física de esta ya sea parcial o total, sin una opción de recuperarla de forma alguna. Además existe una baja eficiencia para controlar los procesos que necesitan ser optimizados.
El sistema "Administrador Jardín Takinki" será capaz de dar solución a esta problemática, automatizando la mayoría de los procesos descritos anteriormente y administrando de una manera más segura y rápida la información necesaria para cumplir las tareas requeridas. Además se incorporarán procesos para la obtención de datos estadísticos relacionados con las distintas partes que aborda el software. Además contará con acceso restringido por cuentas a las que se asociará cada usuario del sistema de acuerdo a sus funciones dentro de la administración del jardín.

C.2. APLICACIÓN DE MACAD-PP

A continuación, se muestran los activos de procesos de MACAD-PP aplicados a la adquisición del Sistema Administrados Jardín Takinki

LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE

Identificador Proyecto:	JTUCN
Nombre Proyecto:	Evaluacion Calidad Proyecto Takinki
Identificador documento:	A-12
Revisión desarrollada por:	Cristian Fernandez A.
Fecha Revisión:	17 Mayo 2010

CRITERIO	REVISIÓN	OBSERVACIONES
1. Cada requisito incluido en la especificación refleja una necesidad o expectativa de los clientes y/o usuarios.		
2. La especificación incluye todos los requisitos no triviales necesarios.		
3. Cada requisito está expresado de una forma no ambigua, es decir, existe una única interpretación clara y concisa.		
4. No existen conflictos entre requisitos (No se contraponen entre sí).		
5. Cada requisito es técnicamente posible, considerando los costos y planificación existentes.		
6. Cada requisito es legalmente posible de implementar.		
7. Los requisitos son no redundantes, esto es, cada requisito es expresado sólo una vez, sin duplicación.		
8. Para cada requisito se ha identificado su prioridad y estabilidad.		
9. La especificación es fácilmente modificable, lo cual significa que: a. Cada requisito tiene un número identificador. b. Se ha definido una terminología consistente. c. La especificación cuenta con un índice. d. Existe una versión electrónica de la especificación.		
10. Cada requisito es verificable, esto es, existe una forma económica y posible de comprobar que el producto cumple el requisito.		
11. Cada requisito es trazable, esto es, es posible identificar su fuente y proveniencia.		
12. Cada requisito incluido apoya el desarrollo de algún objetivo de negocio del cliente. (El propósito del requisito está asociado a alguna actividad del dominio del negocio).		
13. La especificación de requisitos es entendible por el usuario y por los desarrolladores.		

CRITERIO	REVISIÓN	OBSERVACIONES
14. La especificación de requisitos incorpora todos los requisitos no funcionales relevantes, éstos incluyen: a. Requisitos de interfaz. b. Requisitos de seguridad (manejo de c. disturbios físicos y manejo ante intentos d. de ataques maliciosos). e. Desempeño, capacidad y precisión requerida. f. Requisitos de usabilidad (facilidad de g. aprendizaje del uso del sistema, eficiencia para h. realizar las tareas, fácil de recordar el i. procedimiento de uso, entendible y satisfacción) j. Confiabilidad (estimación del número de errores). k. Disponibilidad (frecuencia de fallos o l. caídas, tiempo disponible para operación m. normal, recuperación de fallos). n. Tolerancia a fallos (manejo de entradas erróneas o. y eventos inesperados). p. Mantenibilidad (correctiva, preventiva, perfectiva). q. Portabilidad r. Reusabilidad s. Interoperabilidad t. Facilidades para la instalación del producto.		
15. El contenido y estructura de la especificación son correctos y suficientes según el estándar de especificación elegido.		

ESPECIFICACIÓN DE CRITERIOS DE CALIDAD PARA EL PROCESO

Identificador Proyecto:	JTUCN
Nombre Proyecto:	Evaluacion Calidad Proyecto Takinki
Identificador documento:	A-24
Documento desarrollado por:	Cristian Fernandez A
Fecha:	11 Junio 2010

Criterio	Sub-criterios	%
Formalidad (%) 10%	Existencia de un proceso de desarrollo formalmente definido (etapas, actividades, productos intermedios).	4%
	Existencia de estándares definidos y respetados.	3%
	Existe una planificación clara para las actividades del proyecto.	3%
Gestión de la calidad (%) 35%	Existe gestión de los riesgos del proyecto.	10%
	Existen actividades de SQA internas.	5%
	Las responsabilidades de las actividades de SQA internas están claramente definidas.	5%
	Existe una gestión formal para el control de cambios.	10%
	Se desarrolla gestión de la configuración.	5%
Evidencias (%) 25%	Existe un conjunto claramente definido de documentos que deben ser generados.	15%
	Existen estándares de documentación.	10%
Ejecución (%) 30%	Los roles están claramente identificados y asignados.	9%
	Existen actividades de supervisión del proceso desarrollado.	9%
	Existen mecanismos para informar el avance y desarrollo del proceso a la dirección del proyecto y al cliente.	9%
	Se tienen a la vista y en consideración los criterios de calidad del producto en desarrollo.	3%

ESPECIFICACIÓN DE CRITERIOS DE CALIDAD PARA EL PRODUCTO

Identificador Proyecto:	JTUCN
Nombre Proyecto:	Evaluacion Calidad Proyecto Takinki
Identificador documento:	A-28
Documento desarrollado por:	Cristian Fernandez A
Fecha:	09 Agosto 2010

Criterio	Sub-criterios	%
Características producto final (%) 40%	El producto de software satisface todos los requisitos funcionales especificados.	10%
	El producto de software satisface todos los requisitos no funcionales especificados.	10%
	El producto cuenta con ayuda online que permite su uso adecuado.	10%
	El producto se acompaña de documentos adecuados, completos y consistentes. Los documentos recomendados son: • Manual de usuario. • Manual de instalación. • Manual de sistema.	10%
	El producto funciona correctamente en el entorno esperado.	0%
Calidad del código (%) 30%	El código verifica las entradas y reacciona de manera predecible a entradas ilegales.	7.5%
	El código fue inspeccionado íntegramente por personas diferentes de los autores.	0%
	El código fue probado de manera exhaustiva, de manera independiente.	5%
	El código está bien documentado (se sugiere el uso de algún estándar para documentación de código).	7.5%
	El código fue escrito en base a un estándar de codificación.	10%
Proceso de revisión (%) 30%	El producto fue verificado teniendo en cuenta la especificación de requisitos de software.	10%
	Existen evidencias de las pruebas desarrolladas y sus resultados.	10%
	La validación y verificación del producto completo fue desarrollada por una organización independiente del equipo desarrollador.	10%

PLAN DE ACEPTACIÓN

Identificador Proyecto:	JTUCN
Nombre Proyecto:	Evaluacion Calidad Proyecto Takinki
Identificador documento:	P.A
Documento desarrollado por:	Cristian Fernandez A
Fecha:	31 Agosto 2010

1. Actividades Mínimas de PPQA	Ejecución y verificación de pruebas de aceptacion	
	Ejecución y verificación de pruebas de integracion	
	Valoración de cambios propuestos	
	Evaluación de requisitos de software	
	Ejecución y verificación de prueba de sistema	
	Iteración de Tareas	
2. Mecanismo Control de Cambio	Mantener una base de datos de las solicitudes de cambio.	
3. Validación	Productos a validar	Todos los modulos de sistema
	Pruebas a realizar	Prueba de aceptación
		Pruebas de instalación
	Entorno e Infraestructura	Entorno de trabajo cliente
	Informes a generar	
4. Verificación	Productos a verificar	Todos los modulos del sistema
	Revisiones a realizar	Pruebas de integración
		Pruebas de sistema
	Entorno e Infraestructura	Area de trabajo desarrolladores
	Informes a generar	

	El plan de prueba existe y está disponible	☐ SI ■ NO
5. Mecanismo de resolución de problemas	Negociación entre las partes	
6. Mecanismo de comunicación	Comunicación Verbal Presencial	
7. Otras consideraciones	¿Se exigirán actividades de Verificación y Vlidación Independiente?	☐ SI ■ NO
	Nombre ente externo	

LISTA DE COMPROBACIÓN PARA EL PLAN DE ACEPTACIÓN

Identificador Proyecto:	JTUCN
Nombre Proyecto:	Evaluacion Calidad Proyecto Takinki
Identificador documento:	A-57
Revisión desarrollada por:	Cristian Fernandez A.
Fecha Revisión:	27 Septiembre 2010

CRITERIO	REVISIÓN	OBSERVACIONES
1. El plan de aceptación fue desarrollado considerando y en concordancia con la especificación de criterios de calidad del producto y del proceso.	☐	Algunas cosas no fueron consideradas, debido a que la especificacion de criterios se realizo en una primera etapa.
2. Las actividades mínimas de PPQA incluidas en el plan de aceptación fueron determinadas considerando el catálogo de actividades de PPQA propuesto.	■	
3. Los mecanismos de control de cambios incluido en el plan de aceptación fueron determinados considerando el catálogo de mecanismos de control de cambios propuesto.	■	
4. Los mecanismos de control de cambios incluido en el plan de aceptación pueden ser implementados y cumplidos con los recursos e infraestructura disponible para el proyecto.	■	
5. Se han identificado claramente los productos que serán validados y verificados durante el desarrollo del proyecto.	■	Se especificó que se iba a validar todo el sistema.
6. Las pruebas y revisiones identificadas en el plan de aceptación pueden ser desarrolladas con los recursos e infraestructura disponible para el proyecto.	■	
7. La infraestructura y entorno indicados para las actividades de V&V son equivalentes a la infraestructura y entorno esperado de explotación del producto en desarrollo.	■	
8. Los informes de V&V solicitados al proveedor, entregan suficiente evidencia que permita asegurar que las actividades de PPQA se desarrollaron de manera adecuada.	☐	
9. Los mecanismos de resolución de problemas Identificados para el proyecto fueron determinados considerando el catálogo de mecanismos de resolución de problemas propuesto.	■	

CRITERIO	REVISIÓN	OBSERVACIONES
10. Los mecanismos de resolución de problemas determinados para el proyecto pueden ser implementados y cumplidos con los recursos e infraestructura disponible para el proyecto.	■	
11. Los mecanismos de comunicación identificados para el proyecto fueron determinados considerando el catálogo de mecanismos de comunicación propuesto.	■	
12. Los mecanismos de comunicación determinados para el proyecto pueden ser implementados y cumplidos con los recursos e infraestructura disponible para el proyecto.	■	
13. El plan de aceptación indica claramente si se requerirá la participación de un ente validador independiente (externo).	■	No indica claramente pero por asuntos de alcance económico no se puede contar con un validador externo.
14. En caso de considerar validación independiente, se ha identificado claramente qué organización desarrollará esta labor.	□	

INFORME DE RESULTADOS

Identificador Proyecto:	JTUCN
Nombre Proyecto:	Evaluacion Calidad Proyecto Takinki
Identificador documento:	A-67
Aceptación desarrollada por:	Cristian Fernandez A
Fecha Aceptación:	22 Noviembre 2010

CUMPLIMIENTO CRITERIOS ESPECIFICADOS			
Criterios de calidad del proceso	Formalidad	SI	
	Gestión de la calidad		NO
	Evidencias	SI	
	Ejecución	SI	
Criterios de calidad del producto	Características producto final		NO
	Calidad el código	SI	
	Proceso de revisión		NO
CUMPLIMIENTO PROTOCOLO DE ACEPTACIÓN			
Cobertura de pruebas comprometida		100%	
Cobertura de pruebas real		70%	
¿Se realizaron pruebas de usabilidad?		SI	
¿Se realizaron pruebas de plataforma?		SI	
Informes recepcionados (Indicar nombre informe y su identificador)			
CUMPLIMIENTO PLAN DE ACEPTACIÓN			
Cantidad de requisitos comprometidos		90%	
Cantidad de requisitos realmente implementados		90%	
¿Se cumplió el plan de aceptación?		SI	
En caso de haber comprometido V&V independiente ¿se realizó?			
¿Existen evidencias de las actividades de V&V desarrolladas?			
¿Existen evidencias que todas las anomalías han sido resueltas?			
Las actividades de V&V desarrolladas ¿son suficientes para garantizar la calidad del producto recepcionado?			NO
RESULTADO			
¿Se acepta el producto?		SI	

FORMULARIO DE EVALUACIÓN DEL PROVEEDOR

Identificador Proyecto:	JTUCN
Nombre Proyecto:	Evaluacion Proyecto Jardin Takinki
Identificador documento:	A-71
Evaluación desarrollada por:	Cristian Fernandez A
Fecha Evaluación:	13 Diciembre 2010

1. ¿El proveedor respetó los acuerdos especificados en el contrato?

   Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

   Si la respuesta es *Parcialmente* ¿qué faltó?

2. El proveedor durante todo el proyecto ¿siguió un proceso de desarrollo claramente establecido?

   Si ☐ No ☐ Parcialmente ■

3. El equipo de desarrollo del proveedor ¿respetó los estándares de codificación y documentación comprometidos?

   Si ☐ No ☐ Parcialmente ■

4. El proveedor ¿realizó una gestión de riesgos adecuada?

   Si ■ No ☐ Parcialmente ☐

5. Los roles en el equipo desarrollador del proveedor ¿estaban claramente definidos y se respetaron?

   Si ☐ No ■ Parcialmente ☐

6. El proveedor ¿cumplió con los mecanismos de gestión de la configuración y control de cambios comprometidos?

   Si ☐ No ■ Parcialmente ☐

7. El proveedor ¿facilitó que el comprador conociera en cada instante el estado de avance del proyecto?

   Si ■ No ☐ Parcialmente ☐

8. El proveedor ¿respetó los mecanismos de comunicación establecidos?

   Si ☐ No ☐ Parcialmente ■

9. El proveedor ¿realizó adecuadamente las actividades de Verificación y Validación?

   Si ☐ No ☐ Parcialmente ■

10. El proveedor ¿respetó el plan y el protocolo de aceptación?

    Si ☐ No ■ Parcialmente ☐

11. La documentación entregada por el proveedor ¿es adecuada y útil?

    Si ☐ No ■ Parcialmente ☐

12. ¿Volvería a contratar el mismo Proveedor?

    Si ☐ No ■

FORMULARIO DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Identificador Proyecto:	JTUCN
Nombre Proyecto:	Evaluacion Proyecto Jardin Takinki
Identificador documento:	A-74
Evaluación desarrollada por:	Cristian Fernandez A
Fecha Evaluación:	20 Diciembre 2010

1. ¿Se cumplió el calendario comprometido?

   Si ☐ No ■

   Si la respuesta es *No* ¿qué porcentaje se cumplió? 70%

2. ¿Se cumplió el presupuesto comprometido?

   Si ☐ No ☐

   Si la respuesta es *No* ¿qué porcentaje se sobrepasó? _____%

3. ¿Se implementaron todos requisitos especificados?

   Si ■ No ☐

   Si la respuesta es *No* ¿qué porcentaje se implementó?_____%

4. ¿Todos los interesados de la organización respetaron los acuerdos establecidos en el contrato?

   Si ☐ No ■ Parcialmente ☐

5. ¿Se supervisó adecuadamente el proyecto?

   Si ☐ No ■ Parcialmente ☐

6. ¿Se conocía en todo momento el estado de avance y desarrollo del proyecto?

   Si ■ No ☐ Parcialmente ☐

7. El plan de aceptación definido ¿se cumplió y fue adecuado?

Si ☐ No ☐ Parcialmente ■

8. ¿Los mecanismos de comunicación establecidos fueron adecuados?

Si ☐ No ☐ Parcialmente ■

9. ¿Los mecanismos de resolución de problemas establecidos fueron adecuados?

Si ☐ No ■ Parcialmente ☐

10. El encargado de calidad del comprador ¿cumplió adecuadamente su rol?

Si ☐ No ☐ Parcialmente ☐

11. El producto adquirido ¿satisface los requisitos de calidad especificados?

Si ☐ No ☐ Parcialmente ■

12. El producto adquirido ¿funciona correctamente en el entorno esperado?

Si ■ No ☐ Parcialmente ☐

13. El producto adquirido ¿cuenta con ayuda adecuada para su uso?

Si ☐ No ■ Parcialmente ☐

14. Para cada problema enfrentado en el desarrollo del proyecto ¿se identificaron claramente sus causas?

Si ■ No ☐ Parcialmente ☐

15. Cada problema enfrentado en el desarrollo del proyecto ¿fue solucionado satisfactoriamente?

Si ☐ No ☐ Parcialmente ■

16. ¿Se registraron las lecciones aprendidas?

Si ☐ No ■

17. ¿Qué prácticas no se pueden repetir en futuros proyectos?

Todas aquellas en las que la respuesta fue negativa o parcialmente, ya que dan cuenta del poco grado de seriedad con que enfrentaron el proyecto

18. ¿Qué prácticas se deben incorporar en todos los futuros proyectos?

Compromiso, responsabilidad y seriedad frente al proyecto

19. ¿El producto adquirido satisface las expectativas del comprador y los usuarios?

Si ☐ No ■

20. ¿El comprador y los usuarios están satisfechos con el desarrollo del proyecto?

Si ☐ No ■