



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

**APLICACIÓN DE PRINCIPIOS PSICOMÉTRICOS EN
LOS PROCESOS DE EVALUACIÓN DEL PROCESO
SOFTWARE**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN COMPUTACIÓN

PRESENTA:

GABRIEL ANDRADE AGUILAR

DIRECTOR DE TESIS:

DR. IVÁN ANTONIO GARCÍA PACHECO

HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA, NOVIEMBRE DEL 2010

Tesis presentada el 26 de Noviembre de 2010.

Ante los siguientes sinodales:

M.C. Rodolfo Maximiliano Valdés Dorado.

M.C David Martínez Torres.

Dr. Carlos Alberto Fernández y Fernández.

Director de Tesis:

Dr. Iván Antonio García Pacheco

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a mis padres, que me apoyaron incondicionalmente cuando decidí irme lejos e iniciar esta aventura, y que me han brindado su apoyo y afecto todo este tiempo. Este trabajo representa el fruto de trabajo no sólo de la carrera, sino también de todo el apoyo y sacrificios que han hecho para educarnos. ¡Gracias por todo!

Agradecimientos

En primer lugar a mis padres por su apoyo y comprensión, a mi hermano que siempre sabe como distraerme ya sea por el mismo o por ese hermoso sobrino que tengo.

A mis tías, que me recibieron y han estado pendientes de mi todo este tiempo, checando que no me falta nada y que igualmente me han compartido su emoción y su orgullo por haber conseguido mi meta.

A toda mi familia, que siempre ha estado pendiente de mi y que me ha demostrado su cariño y apoyo las escasas veces que puedo ir de visita a mi casa, la distancia no importa para estar cerca.

A mis profesores, gracias a los que he aprendido mucho y he llegado hasta aquí, aunque haya sido a costa de muchas desveladas y trabajo, de otro modo no se sentiría tan bien.

Por último pero no menos importante al Dr. Iván Antonio García Pacheco por haberme aceptado como tesista y haberme apoyado y asesorado todo este tiempo, gracias a lo cual no solo pude terminar este trabajo, sino que me ha permitido fijar mis metas para seguir adelante con lo que aquí apenas empieza.

Índice general

Resumen	xv
1. Introducción	1
1.1. Antecedentes	1
1.1.1. La crisis del software	2
1.1.2. Mejora al proceso software	2
1.1.3. Modelos de madurez	3
1.1.4. La madurez de la industria software en México	3
1.1.5. Modelo de Proceso para la Industria del Software	4
1.2. Justificación al problema	5
1.3. Hipótesis	5
1.4. Aproximación a la solución	6
1.5. Objetivos	7
1.6. Limitaciones de la investigación	7
1.7. Estructura de la tesis	7
1.8. Publicaciones generadas	8
2. Marco Teórico	11
2.1. Modelos de mejora	11
2.1.1. Capability Maturity Model Integration for Development v1.2 (CMMI-Dev)	11
2.1.2. El modelo de mejora IDEAL	14
2.1.3. Modelo de Procesos para la Industria del Software MoProSoft	15
2.2. Modelos de evaluación del proceso software	17
2.2.1. Método de Evaluación Estándar del CMMI para la Mejora de Procesos (SCAMPI)	18
2.2.2. Evaluación basada en el modelo CMM para la mejora de procesos internos (CBA-IPI)	21
2.2.3. SPICE (ISO/IEC 15504)	21
2.2.4. Método de Evaluación de procesos para la industria de software EvalProSoft	24
2.2.5. El proyecto IMPACT	25
2.3. Propuestas de evaluación basadas en cuestionarios	27
2.3.1. Procedimiento para realizar en un cuestionario	27
2.3.2. Cuestionario de Madurez del SEI	28
2.3.3. Cuestionario de dos fases para la administración de requerimientos	28
2.3.4. Cuestionario de dos fases para la gestión de proyectos software	30
2.4. Herramientas existentes para la evaluación de los procesos	31
2.4.1. Appraisal Wizard	31

2.4.2.	CMM-Quest	33
2.4.3.	SPICE 1-2-1	34
2.4.4.	SysProVal	36
2.4.5.	SelfVation	38
2.5.	Comparación de las herramientas analizadas	39
3.	Teoría Psicométrica	41
3.1.	Introducción	41
3.2.	La medición en Psicología	41
3.3.	El Test Psicométrico	42
3.3.1.	Requisitos de un test psicométrico	42
3.3.2.	Estandarización	43
3.3.3.	Interpretación de los puntajes de un test psicométrico estandarizado	43
3.3.4.	Clasificación de los test psicométricos.	43
3.3.5.	Limitaciones de los test psicométricos	44
3.3.6.	Secciones o partes de un test psicométrico	45
3.3.7.	Cualidades que debe tener un test psicométrico	45
3.3.7.1.	Confiabilidad	45
3.3.7.2.	Factores que afectan la confiabilidad	46
3.3.7.3.	Validez	47
3.4.	La escala Likert	48
3.5.	Ventajas y desventajas de los tests de opción múltiple	49
3.6.	Consideraciones en la elaboración y aplicación de tests	50
4.	Elaboración del cuestionario de evaluación	51
4.1.	Posibilidad de adivinar respuestas	51
4.2.	Relación entre actividades	52
4.3.	Asignación de puntajes	53
4.3.1.	Puntuación para cada pregunta del cuestionario	53
4.3.2.	Puntaje por Actividad y por Proceso	54
4.4.	Nivel de dificultad	55
4.5.	Interpretación de la puntuación final	55
4.6.	Cuestionario de evaluación desarrollado	55
5.	Resultados obtenidos	59
5.1.	Análisis de propuestas de evaluación existentes	59
5.1.1.	Mejoras enfocadas en la confiabilidad de las respuestas	59
5.1.2.	Uso de Estadísticas Descriptivas	60
5.2.	Principios psicométricos aplicables a cuestionarios de evaluación	60
5.2.1.	Asignación diferencial de puntajes	61
5.2.2.	Nivel de dificultad	61
5.2.3.	Eliminar la posibilidad de adivinar respuestas	62
5.2.4.	Revisión de expertos	62
5.3.	Desarrollo de un cuestionario aplicando principios psicométricos	62
5.3.1.	Procedimiento para desarrollar el cuestionario	63
5.3.2.	Resultados de la aplicación del cuestionario desarrollado	64
5.4.	Herramienta de evaluación aplicando el cuestionario propuesto	66

6. Conclusiones y trabajo futuro	67
6.1. Análisis de las propuestas de evaluación existentes	67
6.2. Principios psicométricos aplicables en los cuestionarios de evaluación	67
6.3. Elaboración de un cuestionario aplicando principios psicométricos	68
6.4. Desarrollo de herramientas automatizadas aplicando los cuestionarios de evaluación propuestos	68
6.5. Observaciones finales	68
A. Desarrollo y Mantenimiento de Software en MoProSoft	71
A.1. Definición general del proceso	71
A.1.1. Proceso	71
A.1.2. Categoría	71
A.1.3. Propósito	71
A.1.4. Descripción	71
A.1.5. Objetivos	72
A.1.6. Indicadores	72
A.1.7. Metas cuantitativas	72
A.1.8. Responsabilidad y autoridad	72
A.1.9. Procesos relacionados	73
A.2. Documentos asociados	73
A.2.1. Entradas	73
A.2.2. Salidas	73
A.2.3. Productos Internos	75
A.3. Prácticas	76
A.3.1. Roles Involucrados y capacitación	76
A.3.2. Actividades	76
A.3.2.1. A1. Realización de la fase de Inicio (O3)	76
A.3.2.2. A2. Realización de la fase de Requerimientos (O1,O3)	77
A.3.2.3. A3. Realización de la fase de Análisis y Diseño (O1,O3)	77
A.3.2.4. A4. Realización de la fase de Construcción (O1,O3)	78
A.3.2.5. A5. Realización de la fase de Integración y Pruebas (O1,O3)	78
A.3.2.6. A6. Realización de la fase de Cierre (O2)	79
B. Cuestionario utilizado en la evaluación convencional	81
B.1. Mecanismo de evaluación	81
B.2. Cuestionario de evaluación	82
B.2.1. Nivel 1: Proceso Realizado	82
C. Implementación de una herramienta automatizada utilizando el cuestionario desarrollado	87
C.1. Desarrollo de la herramienta de evaluación	87
C.2. Definición de de requerimientos	87
C.3. Diseño de la arquitectura del sistema	88
C.4. Desarrollo del sistema	89
C.4.1. Principios psicométricos aplicables en cuestionarios de evaluación automatizados	89
C.4.1.1. Instrucciones	89
C.4.1.2. Incluir más de un tipo de ítem	89

C.4.1.3. Regularidad de respuestas	90
C.5. Casos de uso del sistema	90
C.5.1. Caso de uso: Iniciar sesión	91
C.5.2. Caso de uso: Crear una nueva evaluación	92
C.5.3. Caso de uso: Verificar evaluación activa	92
C.5.4. Caso de uso: Finalizar evaluación existente	93
C.5.5. Caso de uso: Revisar resultados	94
C.5.6. Caso de uso: Contestar cuestionarios	95
C.6. Funcionamiento de la herramienta desarrollada	96
C.6.1. Elementos incluidos en la herramienta de evaluación	97
D. Acta de publicación	99
Bibliografía	103

Índice de figuras

1.1. Propuesta de solución y su ubicación en el proceso de evaluación	6
2.1. División mediante las constelaciones de CMMI [CMMI, 2010]	12
2.2. Vista de dos componentes en las actividades de mejora de procesos [McFeeley, 1996, 5]	14
2.3. Etapas del modelo de mejora IDEAL [McFeeley, 1996, 2]	15
2.4. Estructura del modelo de procesos MoProSoftm[MoProSoft, 2010]	17
2.5. El modelo Personas-Procesos-Productos [van Loon, 2004, 8]	22
2.6. a) Dimensiones de evaluación del modelo ISO/IEC 15504. b)Dimensiones que pueden ser agregadas a la evaluación de acuerdo a las necesidades de la empresa. [van Loon, 2004, 20]	24
2.7. Actividades de EvalProSoft [NMX-NYCE, 2007e]	25
2.8. El marco de trabajo del proyecto IMPACT [Scott et al., 2001, 184]	26
2.9. Características principales de Appraisal Wizard	31
2.10. Interfaz de Model Mapper	32
2.11. Interfaz de Appraisal Wizard para la evaluación	33
2.12. Selección de procesos a evaluar con CMM-Quest	33
2.13. Evaluación de las prácticas en CMM-Quest	34
2.14. Generación de reportes de la evaluación realizada con CMM-Quest	35
2.15. Evaluación de las prácticas establecidas en Spice 1-2-1	35
2.16. Pantalla para selección de roles de SysProVal	37
2.17. Generación de reportes en SysProVal	37
2.18. Evaluación mediante cuestionarios en SysProVal	38
2.19. Mapeo de procesos mediante diagramas en SelfVation [Garcia et al., 2010, 33]	39
2.20. Cuestionario de la Fase de Requisitos en SelfVation	39
3.1. Formato de un ítem Likert	49
4.1. Respuestas correctas en varios tests de evaluación	52
4.2. Formato de opción múltiple con una respuesta	52
4.3. Formato de opción múltiple con varias respuestas	52
4.4. Formato de opción numérica	53
4.5. Ejemplos de asignación de puntajes	54
5.1. Evolución de los cuestionarios de evaluación A) Cuestionario de madurez del SEI B) “Interpretive Guidance Project” del SEI C) Cuestionario de dos fases aplicado en [Garcia and Suárez, 2007].	60
5.2. Descripción de los resultados de la evaluación usando Spice 1-2-1	61

5.3. Formato del cuestionario aplicado en la evaluación convencional incluyendo pregunta de verificación	64
5.4. Resultados obtenidos por participante en las evaluaciones	65
5.5. Gráfica de puntajes obtenidos por pregunta en las evaluaciones	66
A.1. Diagrama de flujo de trabajo de DMS	80
C.1. Etapas del desarrollo incremental [Sommerville, 2005, 62]	88
C.2. Arquitectura de la herramienta desarrollada	88
C.3. Herramientas para captura de respuestas en los lenguajes de programación	90
C.4. Distribución de respuestas en aplicaciones consecutivas de la evaluación	90
C.5. Diagrama de casos de uso de la herramienta implementada	91
C.6. Configuración de evaluaciones en la herramienta desarrollada	97
C.7. Aplicación de cuestionario en la herramienta desarrollada	97
C.8. Ejemplo de reporte generado en la herramienta desarrollada	98

Índice de tablas

1.1. Empresas de software y servicios de TI por número de empleados	3
1.2. Porcentaje de empresas que aplican algún modelo de procesos	4
2.1. Niveles de capacidad de CMMI-Dev (Representación continua)	13
2.2. Niveles de madurez en CMMI-Dev (Representación por etapas)	13
2.3. Descripción de los niveles de capacidad de MoProSoft y los atributos de sus procesos	18
2.4. Número de empresas certificadas en el estándar NMX-I-059/02- NYCE-2005 por año y nivel	19
2.5. Agenda típica de las actividades del modelo CBA-IPI	21
2.6. Los 6 niveles de capacidad de procesos de ISO/IEC 15504	23
2.7. Escala de evaluación de los atributos de procesos	23
2.8. Prácticas específicas de RM	29
2.9. Prácticas genéricas de RM	29
2.10. Clasificación del nivel de desempeño	30
2.11. Tabla comparativa de las herramientas analizadas	40
3.1. Criterios de clasificación de los test psicométricos	44
4.1. Escala de valores e interpretación para la calificación obtenida	54
5.1. Características de la evaluación realizada	64
5.2. Tabla de puntajes obtenidos por pregunta	65
A.1. Roles involucrados en el proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software	76

Resumen

El proceso de desarrollo software no es una actividad que deba hacerse a la ligera sin un plan de proyecto establecido, por esta razón se han elaborado modelos para el desarrollo software, en los cuales las empresas se certifican para comprobar que cumplen con las exigencias mínimas que establecen los modelos, lo que proporciona prestigio y confianza en su modo de trabajo. Para adoptar un modelo de proceso, la empresa necesita empezar por una evaluación de su situación actual, para lo cual ya existen algunas herramientas automatizadas que les ayudan a determinar su situación y mejorar en la implantación de los modelos de proceso. Sin embargo, las herramientas automatizadas que existen para evaluar los procesos software de la empresa no pueden verificar la autenticidad de las respuestas de las empresas para la evaluación de sus procesos, y por lo tanto están limitadas en el nivel de confianza por el grado de veracidad con el que las empresas respondan los cuestionarios destinados a evaluar sus procesos de desarrollo. Por esta razón se desea determinar si es posible combinar el uso de pruebas psicométricas y desarrollar un método de evaluación de desarrollo software, con el fin de mejorar el enfoque de la evaluación tradicional, y de esa forma determinar la situación actual de una empresa, al tener evidencias más sólidas sobre su nivel de madurez/capacidad con respecto a algún modelo de desarrollo software.

Capítulo 1

Introducción

El rezago tecnológico en nuestro país en el campo del desarrollo software es importante, somos principalmente importadores de nuevas tecnologías y el desarrollo software no es la excepción, sin embargo, en los últimos años la industria del desarrollo software ha estado experimentando un importante crecimiento, especialmente con el surgimiento de una gran cantidad de Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) que intentan competir en un mercado dominado por grandes corporaciones nacionales y extranjeras. Para poder competir en este mercado es importante que las PYMES obtengan ventajas competitivas que les permitan ganar terreno y estar incluso a la par de las grandes empresas en desarrollo software. Para dar este gran paso uno de los factores más importantes es inspirar a los clientes la confianza de que trabajan con empresas que les ofrecen un alto nivel de calidad en los productos que se desarrollan, y para lograr esto es necesario que las empresas sigan modelos de desarrollo estándar para poder ofrecer productos de calidad a nivel internacional. Una opción más para las empresas puede ser obtener la certificación en alguno de estos modelos para demostrar que cumplen con estándares de calidad internacionales, y por lo tanto colocarse a la altura de empresas de desarrollo software de países tecnológicamente desarrollados. Esto puede significar una mayor confianza de sus clientes, y también atraer nuevos clientes permitiendo así un mayor desarrollo de la industria de software en nuestro país. Sin embargo, esto no es nada fácil considerando la situación de las PYMES en nuestro país ya que se encuentran en desventaja en relación con las grandes empresas y requieren métodos que sean fáciles de implantar y de utilizar, accesibles y que proporcionen resultados a corto plazo.

1.1. Antecedentes

La tarea del desarrollo software ha pasado de ser una labor de un solo programador a medida que se necesita software cada vez más complejo de acuerdo a las necesidades de las empresas, en un ambiente cada vez más competitivo. Sin embargo esta complejidad fue provocando que los proyectos de desarrollo software experimentaran más problemas, tales como: retraso en los tiempos de entrega, presupuestos elevados y software de mala calidad, entre otros. Por esta razón fue necesario idear un enfoque diferente en los proyectos de desarrollo software que permitiera lidiar con los problemas mencionados; así surgiría el término de Ingeniería de Software [Randell, 1968] en 1968.

La Ingeniería de Software es una disciplina relativamente nueva con un poco menos de medio siglo de existencia. A pesar del poco tiempo de vida que ha tenido, su importancia se ve reflejada en la relevancia que se le ha dado al ser incluida en las currículas de materias de Informática y Ciencias de la Computación de la mayoría de Universidades de todo el mundo [Pressman, 2010]. Así lo demuestra también la existencia de organizaciones profesionales como la ACM (Association of Computing Machinery) y la IEEE (Institute for Electrical and Electronics Engineers) las cuales publicaron en 1991 recomendaciones con las materias imprescindibles que mínimamente debían contemplar todos los planes de estudio de carreras relacionadas con Ciencias de la Computación o Informática [Pressman, 2010].

A pesar del poco tiempo de existencia de la Ingeniería de Software, grandes avances se han realizado en la disciplina gracias a las aportaciones tanto de las organizaciones anteriormente mencionadas como de investigadores que han realizado aportaciones importantes para mejorar los procesos establecidos para el desarrollo software y su evaluación, tal como se expone brevemente a continuación.

1.1.1. La crisis del software

En los años 50, cuando las computadoras eran monstruos inmensos disponibles solamente en grandes laboratorios de investigación, nadie consideraba que la labor de programador fuera realmente una profesión, de hecho un programador pasaba prácticamente inadvertido, siendo opacado por la computadora, la cual era su razón de existir. En esos tiempos los programadores se encontraban muchas dificultades debido a la lentitud y escasez de memoria que poseían las computadoras en esos días. Tal como supuso Dijkstra en [Dijkstra, 1972], en la década de los años 70 la potencia de las máquinas creció de manera que ya no sería necesario llevarlas a su límite, y la labor de los programadores estaría satisfecha, sin embargo, el mismo acentuó que “*en lugar de vivir en una tranquilidad debido a esto, se encontrarían inmersos en una era de crisis del software*”. Este término como tal surgió unos años antes en 1968, acuñado por primera vez por Friedrich L. Bauer en la NATO Software Engineering Conference, junto con el término de Ingeniería de Software [Randell, 1968], para referirse a la emergente crisis en esos tiempos en la que se manifestaban problemas en el desarrollo software cada vez más complejos, puesto que no era posible utilizar los enfoques informales en los procesos de desarrollo software que se usaban hasta ese entonces.

Algunos de los síntomas de la crisis según [Sommerville, 2005] eran:

- Los grandes proyectos a menudo tenían años de retraso
- Los proyectos costaban mucho más de lo presupuestado
- Los proyectos eran irrealizables, difíciles de mantener y con un desempeño pobre, entre muchos problemas más

Han pasado más de 40 años ya de esa reunión, y el desarrollo de la Ingeniería de Software ha crecido notablemente, sin embargo, aún sigue habiendo problemas con los proyectos software [Standish Group, 2008]. Como una alternativa de solución, se han propuesto una gran cantidad de metodologías de desarrollo, sin embargo, uno de los primeros problemas para las empresas es escoger la metodología adecuada de acuerdo al proyecto que se vaya a desarrollar, p.e. ya sea modelos internacionales como el CMMI-Dev [SEI, 2006]. Sin embargo, cada modelo posee sus fortalezas y debilidades, las cuales pueden ser efectivas o no en diferentes tipos de proyectos.

Después de algunos años los modelos de desarrollo dejaron de ser efectivos para la industria software y fue necesario desarrollar guías más precisas, denominadas más tarde como “modelos de proceso”.

1.1.2. Mejora al proceso software

Para mejorar la situación de las empresas que desarrollan software es importante antes que nada tener una idea clara y precisa de lo que es un proceso de desarrollo software y de lo que es la Mejora al Proceso Software. Una definición breve y concisa de lo que es el proceso de desarrollo software se da en [Welth, 1993] y dice lo siguiente:

“El proceso de desarrollo software se define como el conjunto de actividades que inician con la identificación de una necesidad, y culminan con la terminación de un producto que satisface la necesidad, o más detalladamente, es el conjunto de métodos, prácticas y transformaciones que la gente usa para desarrollar y mantener software y los productos asociados a éste (e.g. planes de proyecto, documentos de diseño, código fuente, casos de prueba, manuales de usuario)”

Welth [Welth, 1993] también brinda otra definición importante para entender lo que es la Mejora al Proceso Software (SPI por sus siglas en inglés), acerca de lo que es la capacidad de los procesos de desarrollo software:

“La capacidad de los procesos de desarrollo software describe el rango de los resultados que se espera lograr de un proceso de desarrollo software. Pero capacidad no es lo mismo que desempeño. El desempeño de un proceso de desarrollo software es el resultado real logrado por seguir un proceso de desarrollo software. Es decir, los resultados logrados (desempeño) difieren de los resultados esperados (capacidad)”

Así se han desarrollado muchas técnicas para la mejora de los procesos de desarrollo software, incluyendo la evaluación de la calidad, administración de la configuración y las inspecciones, entre otras, las cuales contemplan una serie de pasos generales a realizar en los proyectos de la siguiente manera:

- Identificación de qué es lo que se debe hacer
- Decidir cómo se va a hacer
- Monitorear lo que se está haciendo
- Evaluación de lo que ya se hizo

Básicamente todos los modelos de procesos contemplan estos cuatro pasos de una manera más o menos detallada dependiendo de cual sea el objetivo a mejorar de cada modelo, sin embargo para poder hablar realmente de una mejora al proceso es necesario no solamente supervisar y evaluar lo que se está haciendo, sino también lo que se ha hecho antes con el fin de tener una referencia con la cual comparar el trabajo actual y determinar si se ha logrado una mejora en los procesos de desarrollo software implementados. También es necesario tener una referencia con la cual comparar el trabajo que nos proporcione métricas para poder determinar si las diferencias entre procesos desarrollados anteriormente y el proceso actual representan una mejora o un retroceso en la forma de llevar a cabo los procesos. Con este fin se han desarrollado modelos de referencia que son estándares a nivel internacional como son los modelos de madurez, de los cuales se da una breve explicación en la siguiente sección.

1.1.3. Modelos de madurez

Para mejorar los procesos de desarrollo software, el Software Engineering Institute (SEI) desarrolló en 1991 el Modelo de Madurez de la Capacidad para el Desarrollo Software (Capability Maturity Model for Software, SW-CMM) conocido también como Modelo de Madurez y Capacidad (CMM) [Paulk et al., 1993] y en el 2000 se publicó el Modelo de Madurez y Capacidad Integrada (Capability Maturity Model Integration, CMMI), como una mejora al SW-CMM. Una de las mejoras principales de este modelo es la liberación de CMMI para Desarrollo en el 2007 (CMMI-Dev V1.2) [SEI, 2006] que combina disciplinas de Ingeniería de Software y de Sistemas, y se integra con otros métodos que puedan usar las empresas para mejorar los procesos de desarrollo, como pueden ser el Team Software Process (TSP) [Humphrey, 2000] o ISO 9000 [ISO, 2000]. Además también incluye un método estándar para realizar evaluaciones sobre el progreso de las organizaciones que apliquen el CMMI, el Standar CMMI Apraisal Method for Process Improvement (SCAMPI) [Members of the Assessment Method Integrated Team, 2006], aplicando estas evaluaciones, las empresas pueden determinar su nivel de madurez, y si son capaces de obtener una clasificación en los niveles del modelo.

Sin embargo, dichas evaluaciones deben ser llevadas a cabo por evaluadores entrenados y autorizados por el SEI, lo que puede tomar un tiempo de al menos 2 meses, y un costo de aproximadamente US\$1800 al día si se contrata un evaluador que trabaje directamente para el SEI.

1.1.4. La madurez de la industria software en México

Aunque CMMI es una referencia internacional de la capacidad de los procesos de desarrollo software, y por tanto, puede ser utilizada por empresas en México, no es fácil adaptarlo al contexto de las empresas mexicanas. De acuerdo a un estudio realizado en 2004 por la Secretaría de Economía [Secretaría de Economía, 2004], el 92 % de las empresas en México que desarrollan software son PYMES, con menos de 100 empleados (ver Tabla 1.1). La adopción de modelos como el CMMI requiere una inversión importante que las PYMES mexicanas no pueden cubrir

Tabla 1.1: Empresas de software y servicios de TI por número de empleados

Tamaño	Número de empleados	Número de empresas	Porcentaje
Micro	1 a 10	619	41 %
Pequeña	11 a 50	629	42 %
Mediana	51 a 100	130	9 %
Grande	Más de 100	114	8 %

El estudio también revela que de los empleados que laboran en las empresas que se dedican al desarrollo software, solamente el 7 % tiene capacitación en mejora de procesos, ya sea en ISO 9000, CMM, PSP/TSP, por lo que se

observa que la capacitación en mejora de procesos no es un factor importante en la contratación de personal o que las empresas no capacitan a su personal en estos modelos.

En cuanto a la mejora de procesos a nivel de la empresa, el estudio muestra que de las empresas que están certificadas o en proceso de implementación de un modelo de procesos, el 30 % se apega a los estándares internacionales ISO 9000 o CMM/CMMI, un 28 % respondió que su metodología no corresponde a los estándares indicados (sino a otra no especificada) y el 42 % no utiliza ninguna metodología, como se muestra en la Tabla 1.2.

El estudio fué realizado en empresas de la Zona Metropolitana del Distrito Federal (ZMDF) y el Área Metropolitana de Monterrey (AMM) ya que concentran la mayor cantidad de empresas que se dedican al desarrollo software.

Tabla 1.2: Porcentaje de empresas que aplican algún modelo de procesos

	Modelos	Otra	Ninguna
TOTAL	30	28	42
ZMDF	34	30	36
AMM	24	25	51

Sin embargo, estas cifras equivalen a que solo un total del 2 % de todas las empresas involucradas en el estudio están certificadas en ISO 9000, el 5 % en CMM/CMMI y un 9 % cuenta con otro tipo de certificación (no especificado).

Entre las conclusiones a las que se llegan en el estudio, están el hecho de que la alta dirección de las empresas no está utilizando la gestión de procesos para conducir a la organización hacia la mejora en su desempeño, ni tampoco están asegurando la calidad de los productos que están generando ni de los procesos que están utilizando.

La otra conclusión importante a destacar del estudio es que las empresas grandes presentan un mayor valor en el índice de capacidad de sus procesos, y son las PYMES las que más requieren mejorar sus procesos de gestión.

1.1.5. Modelo de Proceso para la Industria del Software

Con el fin de mejorar los procesos de desarrollo software en las empresas mexicanas, y determinando que los modelos existentes en ese entonces no se adecuaban a la situación de las PYMES de nuestro país, a partir del año 2002 se inició el desarrollo de un nuevo modelo de procesos que se adecuara a la situación de las empresas mexicanas, teniendo como objetivo hacerlo una norma mexicana. Como resultado de este trabajo, en junio del 2003 se publicó a través del portal de software.net.mx el Modelo de Procesos para la industria de Software (MoProSoft) [Oktaba, 2003], el cual fué desarrollado por un equipo de trabajo dirigido por la Dra. Hanna Oktaba. Meses después es presentado también el método de Evaluación de Procesos de Software (EvalProsoft) [Oktaba, 2003], el cual define el método de evaluación basado en MoProSoft como modelo de procesos. Finalmente el modelo es aprobado el 5 de julio del 2005 por el subcomité de Software del NYCE (Normalización y Certificación en Electrónica) y es publicado como norma el 15 de agosto en el Diario Oficial de la Federación. Su nombre completo es:

NMX-I-059/2-NYCE-2005 Tecnología de la Información-Software-Modelos de procesos y evaluación para desarrollo y mantenimiento de software [Oktaba, 2003]. La norma consta de las siguientes partes:

- Parte 01: Definición de conceptos y productos
- Parte 02: Requisitos de procesos (MoProSoft)
- Parte 03: Guía de implantación de procesos
- Parte 04: Directrices para la evaluación (EvalProSoft)

De acuerdo a [Oktaba et al., 2005] el objetivo de esta norma es proporcionar a las empresas un modelo basado en las mejores prácticas internacionales, que permita alcanzar evaluaciones exitosas con otros modelos como ISO 9000:2000 o CMMI v1.1.

1.2. Justificación al problema

En la actualidad existen herramientas que ayudan a realizar las evaluaciones de los procesos de desarrollo software a las empresas, tales como CMM-Quest [HM&S IT-Consulting GmbH, 2009a] y Appraisal Wizard [ISD, 2009], sin embargo existen varios problemas con estas herramientas, como su precio que oscila entre \$900 y \$15,000 USD [García et al., 2010], lo cual está fuera del rango de los presupuestos con los que generalmente cuentan las PYMES. Otro inconveniente importante de estas herramientas es que aunque proporcionan guías útiles para realizar la evaluación de los procesos de desarrollo software no proporcionan ayuda sobre cómo mejorar en las áreas en las que las empresas puedan tener fallas.

Con el fin de apoyar a las PYMES en la adopción de algún modelo de procesos y la verificación de sus avances con respecto a estos modelos, se han desarrollado herramientas que permiten automatizar la recolección de datos sobre los procesos que se llevan a cabo actualmente en las empresas para posteriormente realizar una evaluación con los datos recolectados. El procedimiento elegido por estas herramientas es un método de evaluación basado en cuestionarios, ya que estos pueden ser aplicados a muchas personas, además de ser efectivos en costo y no invasivos, proporcionan datos cuantitativos, y es posible analizar los resultados rápidamente [Gillham, 2008]. Además también se ha argumentado que la aplicación de cuestionarios consume menos tiempo, esfuerzo y recursos financieros que otros métodos de recolección de datos como entrevistas o revisión de la documentación [Brewerton and Millward, 2001].

Sin embargo, la mayoría de las PYMES en México sufren de incapacidad para gestionar los procesos de desarrollo software principalmente por que no cuentan con recursos suficientes para implantar los modelos de desarrollo, mucho menos para obtener certificaciones que las acrediten en algún estándar de calidad aprobado por organismos nacionales o internacionales. Esto pone a las PYMES en una situación de desventaja ante grandes empresas consolidadas en los modelos de desarrollo software en el entorno competitivo, sobre todo si observamos el estudio mencionado en la Sección 1.1.4 acerca de las empresas que cuentan con acreditación CMM (que es una cantidad muy pequeña comparado al total de empresas del país) lo que nos indica que realmente pocas empresas se preocupan o tienen los recursos suficientes para alcanzar un nivel de certificación tanto de CMMI como en MOPROSOFT.

Actualmente se han intentado implementar alternativas que ayuden a las PYMES a evaluar sus procesos de desarrollo, como el cuestionario de dos fases para determinar mejoras en las prácticas de gestión de proyectos en las PYMES [García et al., 2007], o la herramienta para la mejora del proceso software en pequeñas empresas [García et al., 2010]. Sin embargo estas herramientas son efectivas en la medida en que la información que proporcionen las empresas para realizar la evaluación sea veraz; esto puede estar influenciado por factores como la habilidad de la persona que está siendo evaluada, la dificultad de cada una de las preguntas de los cuestionarios y la forma en que se conteste el cuestionario, por ejemplo, algunas preguntas pueden ser contestadas al azar sin saber la respuesta y aún así haber contestado la respuesta correcta.

Además de lo mencionado anteriormente, sería deseable que el cuestionario aplicado permitiera no solo conocer la situación actual de los procesos de desarrollo, sino que también fuera posible evaluar el avance que se ha tenido y las áreas en las que puede haber fallas ya que los cuestionarios actuales solamente nos brindan información acerca de los procesos que se realizan satisfactoriamente en la empresa, sin dar mucha información sobre los procesos que fallan y de cómo mejorarlos.

Por esta razón se propone el uso de principios psicométricos que acompañen la evaluación del proceso software, ya que estos incrementarían la veracidad de las respuestas al ser difíciles de alterar. Sin embargo, no resulta fácil cuantificar los resultados de las pruebas psicométricas, por esta razón se propone una investigación para verificar la factibilidad de la aplicación de las pruebas psicométricas en la evaluación de procesos de desarrollo software, y de ser factible implementarlos en alguna herramienta software de evaluación.

1.3. Hipótesis

La hipótesis planteada en el presente proyecto de tesis consiste en demostrar la factibilidad de incorporar principios psicométricos en los procesos de evaluación de desarrollo software. El objetivo es determinar si es posible elaborar cuestionarios basados en los principios psicométricos que proporcionen una mayor veracidad en las respuestas obtenidas a través de su aplicación en las PYMES, a diferencia de los métodos de evaluación que existen en la actualidad.

De la misma manera se pretende determinar si es posible elaborar un cuestionario que permita determinar no sólo el nivel actual de una empresa con respecto a algún modelo de procesos, sino que permita determinar también el nivel de mejora presentado por la empresa y proporcionar información acerca de los procesos que necesitan mejorarse.

1.4. Aproximación a la solución

El presente proyecto de tesis propone realizar una investigación que demuestre que es factible desarrollar un nuevo método de evaluación del nivel de madurez/capacidad de procesos en organizaciones software mediante cuestionarios automatizados validados por técnicas estadísticas tomadas del campo de la psicometría. Para hacer esto posible se combinarán dos áreas científicas que anteriormente no han sido tratadas de modo conjunto para las evaluaciones de procesos. Por una parte la Ingeniería de Software y por otra parte, en el campo de la Psicología, la disciplina de psicometría aplicada a la medición de características de personalidad. El propósito es definir un nuevo método para desarrollar cuestionarios validados para medir los procesos de ingeniería aplicando técnicas estadísticas desarrolladas durante más de 50 años en el ámbito de la psicometría.

El fundamento para investigar esta aproximación está en que tanto los procesos de las organizaciones como los procesos de personalidad comparten muchas características en su marco conceptual: ambos son estados internos, ambos están sometidos a factores de deseabilidad social, ambos pueden ser falseados al ser cuestionados. Las técnicas psicométricas precisamente fueron desarrolladas para controlar estos problemas de medida. En la Figura 1.1 se muestra el lugar que ocupa en el proceso de evaluación la mejora propuesta en el presente proyecto de tesis. El objetivo es que se pueda no solo evaluar los procesos de desarrollo software de las empresas, sino también determinar la veracidad de las evaluaciones realizadas. Esto se traducirá en resultados más confiables y por lo tanto en evaluaciones más confiables de los procesos de evaluación de las empresas.

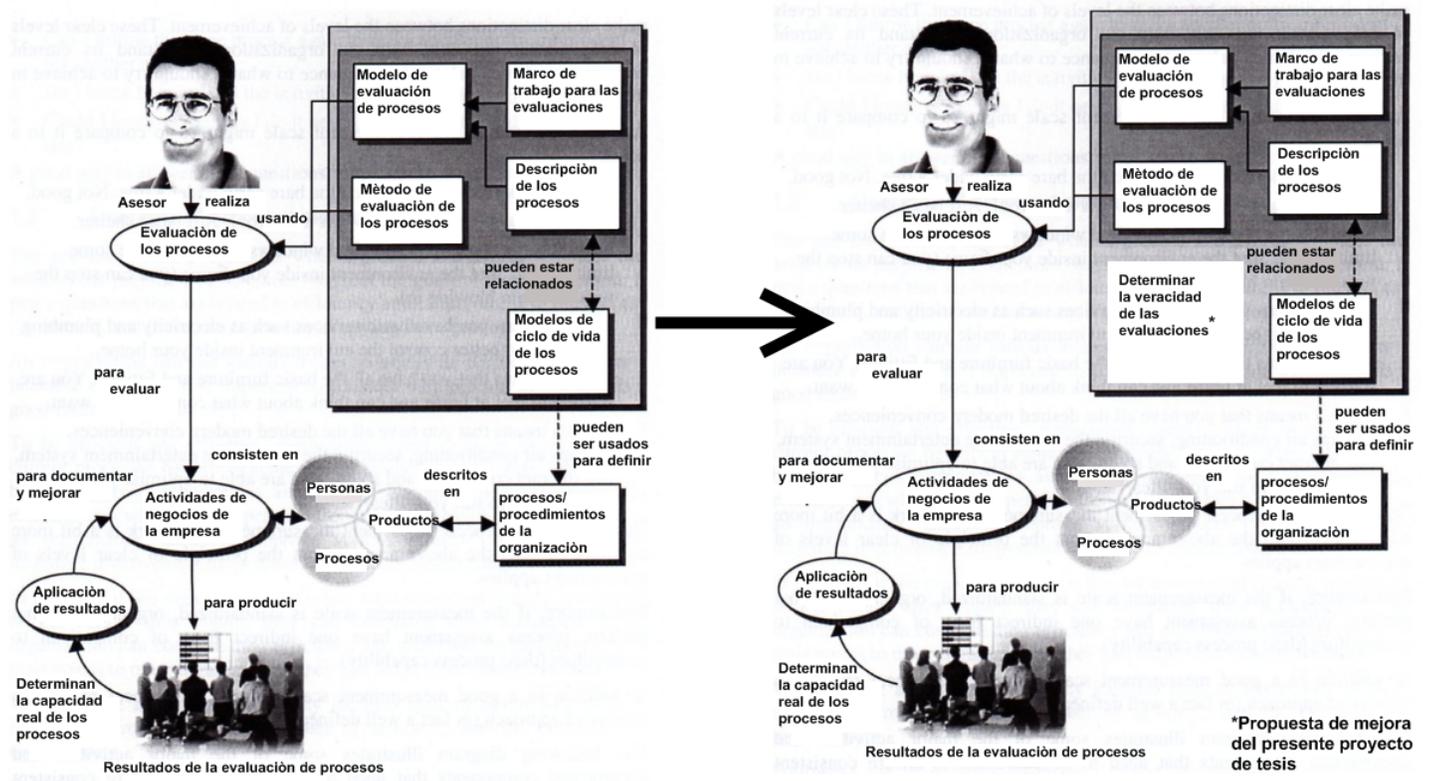


Figura 1.1: Propuesta de solución y su ubicación en el proceso de evaluación

1.5. Objetivos

A continuación se presentan los objetivos a desarrollar en el presente proyecto:

- Objetivo general: Analizar la factibilidad de implementar el uso de principios psicométricos en los procesos de evaluación del proceso software, con el fin de mejorar la validez de los resultados que se obtienen al realizar dichas pruebas en los procesos de desarrollo software de las PYMES.
- Objetivos específicos
 - Analizar las propuestas existentes desarrolladas para tratar el problema de las evaluaciones software.
 - Analizar los principios de la teorías psicométricas y los diferentes tipos de tests que se han desarrollado bajo estas teorías, con el fin de analizar su aplicabilidad en los cuestionarios existentes para la evaluación del proceso software.
 - Desarrollar un cuestionario que incluya los principios psicométricos analizados que permita mejorar los resultados de aplicar los cuestionarios a PYMES para evaluar su progreso en la aplicación de modelos para la mejora y evaluación de los procesos de desarrollo software.
 - Construir una herramienta automatizada de autoevaluación utilizando el cuestionario propuesto.

1.6. Limitaciones de la investigación

Para el desarrollo de esta tesis se han considerado las siguientes limitaciones:

- En esta etapa inicial, solo se realizarán pruebas con empresas cercanas geográficamente, por lo que queda como opción para trabajos posteriores realizar una evaluación más extensa de la herramienta aquí propuesta.
- Dicha herramienta solo funciona para el caso de PYMES, al ser utilizada para evaluar su proceso de desarrollo.

1.7. Estructura de la tesis

En el Capítulo 2 se realiza un análisis de los modelos y herramientas existentes para la evaluación y mejora de procesos de acuerdo a su aplicabilidad en las PYMES, considerando las ventajas y desventajas que ofrecen específicamente para este sector.

En el Capítulo 3 se analizan los principios de la teoría psicométrica para la elaboración de tests de evaluación, este será nuestro punto de partida para la elaboración de tests aplicando principios psicométricos.

En el Capítulo 4 se describen los factores identificados en los que es posible mejorar los cuestionarios ya existentes, el procedimiento realizado para elaborar el cuestionario de evaluación aplicando los Principios Psicométricos analizados en el Capítulo 3 y el cuestionario resultante.

El Capítulo 5 presenta los resultados obtenidos de analizar los cuestionarios existentes y de aplicar el cuestionario elaborado en una evaluación de prueba. Se exponen también los resultados de desarrollar una herramienta de evaluación basada en el cuestionario propuesto.

El Capítulo 6 muestra las conclusiones y trabajo futuro de la investigación realizada en el presente trabajo de tesis.

El Apéndice A presenta el proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software establecido por el modelo MoProSoft, el cual fué tomado como referencia para elaborar el cuestionario de evaluación propuesto.

El Apéndice B muestra el cuestionario de evaluación utilizado durante la evaluación realizada en una empresa, y que sirvió para comparar los resultados del cuestionario propuesto.

El Apéndice C muestra la herramienta desarrollada para aplicar el cuestionario de evaluación de manera automatizada.

El Apéndice D muestra el Acta de Publicación de los artículos publicados generados por el presente trabajo de tesis.

1.8. Publicaciones generadas

Autores:	García, I. & Andrade, G.
Título:	"Psychometric Theory applied to Questionnaire-Based Appraisals on Software Process Assessments: An initial report"
Tipo:	Artículo en extenso
Revista/Congreso:	2nd International Conference on Computer Engineering and Technology (ICCET 2010).
País:	Chengdu, China.
Información Adicional:	IEEE Computer Society, pp. 34-39.

Autores:	García, I., Pacheco, C & Andrade, G.
Título:	"Applying the Psychometric Theory to Questionnaire-Based Appraisals for Software Process Improvement"
Tipo:	Artículo en extenso
Revista/Congreso:	Eighth ACIS International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications (SERA 2010)
País:	Montreal, Canada
Información Adicional:	IEEE Computer Society, pp. 198-204.

Autores:	Ambrosio, M., Andrade, G. , Cruz, G., García, I., García, J., José, M., Ortiz, R., & Sánchez, H.
Título:	"Desarrollo de una herramienta de autoevaluación para agilizar el tiempo de adopción de la Norma NMX-059-NYCE-2005 "
Tipo:	Artículo presentado en conferencia
Revista/Congreso:	Coloquio Nacional de Investigación en Ingeniería de Software y Vinculación Academia-Industria (CONIIS 2010)
País:	Guanajuato, México
Información Adicional:	Universidad De La Salle Bajío, León, Guanajuato.

Capítulo 2

Marco Teórico

A continuación se analizan algunos de los modelos de mejora propuestos para utilizarse en distintos entornos organizacionales, y los métodos de evaluación utilizados en cualquier iniciativa de mejora.

El análisis está estructurado partiendo desde los modelos generales hasta las herramientas específicas existentes para la mejora y evaluación de procesos, de acuerdo a su factibilidad para ser implantados en las PYMES. Las categorías de los modelos y herramientas analizadas son las siguientes:

- Modelos de mejora.
- Modelos de evaluación.
- Cuestionarios de evaluación.
- Herramientas de evaluación.

2.1. Modelos de mejora

En la actualidad las grandes empresas se han dado cuenta de la importancia de la calidad, y destinan tiempo y recursos a mejorar sus servicios y productos. Además de eso las empresas se han dado cuenta de que la calidad no solo está en los productos entregados, sino también en los procesos que dan origen a los productos y servicios. En el caso de los procesos de desarrollo software, ha cobrado interés la mejora de procesos software, conocida internacionalmente como SPI (Software Process Improvement) [Pino et al., 2006]. Esto se evidencia por la aparición de iniciativas relacionadas con SPI como CMM [Paulk et al., 1991], CMMI [SEI, 2006] e ISO/IEC 15504 [ISO/IEC, 2004] entre otros. Sin embargo por lo general la implantación de estos modelos es prohibitiva para las PYMES debido a los costos que estos programas implican. A pesar de esto, muchos esfuerzos se han realizado en adaptar estos modelos y desarrollar alternativas más enfocadas en las PYMES, como los desarrollados en [Kautz et al., 2000, Scott et al., 2001, Alexandre et al., 2006, García et al., 2007, Suárez, 2009].

2.1.1. Capability Maturity Model Integration for Development v1.2 (CMMI-Dev)

El Modelo de Madurez y Capacidad Integrado para el Desarrollo (CMMI-Dev) [SEI, 2006] es un modelo para la mejora de procesos desarrollado por el Software Engineering Institute (SEI) que unifica los modelos anteriores del CMMI para Ingeniería de Sistemas e Ingeniería de Software (CMMI-SE/SW) y refleja la integración de estas disciplinas y la aplicación de ambos modelos en las organizaciones.

CMMI-Dev está enfocado en administrar las diferentes actividades involucradas en el ciclo de vida de desarrollo incluyendo productos desarrollados, productos adquiridos y su unión para formar un producto final, es decir abarca la construcción y mantenimiento de productos y servicios. El modelo CMMI fué definido bajo el principio de calidad de los sistemas como un resultado de la calidad de los procesos utilizados para desarrollarlos y mantenerlos, por lo que se enfoca tanto en la calidad del producto final como en la de los procesos involucrados en su desarrollo.

El modelo CMMI en su versión 1.2 fué desarrollado bajo el concepto de “constelaciones de CMMI” las cuales permiten utilizar solamente una serie de componentes principales y agregar material adicional para proporcionar modelos de aplicación específica que comparten propiedades en común y están relacionadas con las actividades del negocio.

Según el modelo, una constelación se define como “un componente de CMMI que incluye un modelo, material de entrenamiento y documentos de evaluación relacionados con el área”¹. CMMI-Dev abarca 3 modelos: Desarrollo, Servicios y Adquisición (ver Figura 2.1). La principal ventaja de este enfoque es que es posible adoptar solo un modelo que abarque las prácticas relacionadas con las actividades de cada organización, y si se desea agregar componentes extra para alguna práctica específica es posible agregar componentes mediante adiciones.

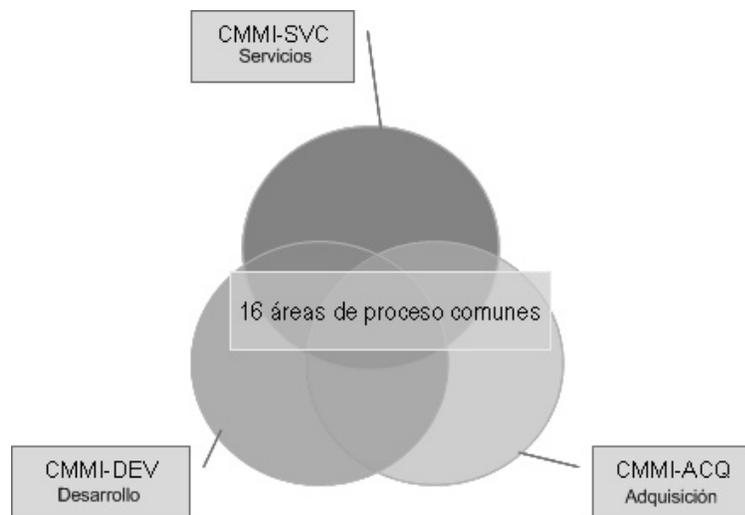


Figura 2.1: División mediante las constelaciones de CMMI [CMMI, 2010]

Los modelos en la constelación de CMMI-Dev incluyen prácticas que abarcan la Gestión de Proyectos, Gestión de Procesos, Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y otros procesos utilizados en desarrollo y mantenimiento.

Además, el modelo CMMI permite utilizar dos representaciones que proporcionan distintos enfoques para la mejora de procesos:

- Representación continua (Continuous): La representación continua permite a una organización seleccionar áreas de procesos para mejorar los procesos relacionados a éstas. Esta representación utiliza seis niveles de capacidad para caracterizar la mejora relativa a un área de procesos individual (ver Tabla 2.1). Esta representación permite también establecer mejoras para los diferentes procesos a ritmos diferentes para cada uno, sin embargo, puede haber limitaciones en la elección de procesos debido a las dependencias existentes entre distintas áreas de procesos. La ventaja de este enfoque es que se centra en los problemas y en lo que realmente interesa a los objetivos de la organización. Esta representación es adecuada si se conocen los procesos que deben ser mejorados y las dependencias entre las áreas de procesos descritas por CMMI.
- Representación por etapas (Staged): La representación por etapas ofrece un enfoque sistemático y estructurado para los modelos de mejora de procesos basados en una sola etapa a la vez. Al alcanzar cada una de las etapas se asegura que toda la infraestructura de procesos de la organización cumple con la etapa anterior y sirve como base para las actividades establecidas en la siguiente etapa. En la representación por etapas se utilizan conjuntos predefinidos de áreas de proceso para definir un camino de mejora para la organización, caracterizando cada etapa por niveles de madurez (ver Tabla 2.2). Cada nivel de madurez proporciona un conjunto de áreas de proceso que caracterizan los diferentes comportamientos organizacionales. En cada uno de estos niveles de madurez se especifica en que orden deben implementarse los procesos, desde el nivel de inicio hasta el nivel de optimización. Esta representación es ideal cuando las empresas no saben por dónde empezar y que procesos necesitan mejorarse.

¹CMMI for Development, Version 1.2 <http://www.sei.cmu.edu/library/abstracts/reports/06tr008.cfm>. Último acceso: 01-09-2010

Tabla 2.1: Niveles de capacidad de CMMI-Dev (Representación continua)

Nivel	Descripción
Nivel 0: Incompleto	El proceso no se efectúa o se efectúa parcialmente. Una o más de las metas específicas del proceso no son alcanzadas y no existen metas generales.
Nivel 1: Realizado	Un proceso realizado es un proceso que satisface las metas específicas de su área de proceso.
Nivel 2: Gestionado	Un proceso gestionado es un proceso que es planeado y realizado de acuerdo con políticas establecidas. La disciplina de los procesos en Nivel 2 permite asegurar que las prácticas establecidas se lleven a cabo aún en tiempos de estrés.
Nivel 3: Definido	Los procesos definidos son aquellos procesos realizados y que son adaptados de los procesos estándares de la empresa. Los procesos son descritos de manera rigurosa y son gestionados entendiendo las relaciones entre las actividades de los procesos, los productos y los servicios generados.
Nivel 4: Gestionado cuantitativamente	Son procesos que se controlan utilizando técnicas estadísticas u otras técnicas cuantitativas. La calidad y desempeño del proceso es entendida en términos estadísticos y es administrada durante todo el proceso.
Nivel 5: Optimizando	Los procesos optimizados son gestionados de manera cuantitativa y son mejorados. El objetivo en un proceso optimizado es mejorar de manera continua el desempeño del proceso a través de mejoras incrementales e innovadoras.

Tabla 2.2: Niveles de madurez en CMMI-Dev (Representación por etapas)

Nivel	Descripción
Nivel 1: Inicial	Los procesos se realizan de manera “ad-hoc”. El éxito de la empresa depende del desempeño de las personas y no de procesos bien establecidos.
Nivel 2: Gestionado	Los procesos son planeados y ejecutados de acuerdo a los planes, y emplean personal cualificado con recursos adecuados que generan una producción controlada
Nivel 3: Definido	Procesos bien caracterizados y comprendidos, descritos por estándares. Estos estándares son establecidos y mejorados con el tiempo. Estos estándares se aplican a nivel de toda la organización y son descritos de manera más rigurosa que en el Nivel 2
Nivel 4: Gestionado cuantitativamente	La organización establece objetivos cuantitativos para la calidad y el desempeño de sus procesos. Estos objetivos están basados en las necesidades de los clientes, la organización y los trabajadores que implementan los procesos. Para procesos seleccionados se realizan mediciones detalladas para su análisis estadístico.
Nivel 5: Optimizando	Se realiza una mejora continua de los procesos basada en un entendimiento cuantitativo de las causas de variación de tales procesos. Los objetivos de mejora continua son establecidos y vigilados constantemente para que reflejen los objetivos de la compañía. Los efectos de estas mejora son medidos y evaluados contra los objetivos de mejora de procesos.

Debido a la complejidad del modelo CMMI se tiene la idea general de que solo funciona para grandes empresas y que no es una opción viable para implantar en las PYMES, sin embargo, trabajos como los realizados en [von Wangenheim et al., 2006, Oktaba et al., 2007, Santos et al., 2007, Shen and Ruan, 2008, García et al., 2010, Gomez, 2006] muestran que es posible su implementación en las PYMES y ofrecen opciones que son accesibles para ayudar a las empresas en su implantación. Esto es gracias a la flexibilidad que ofrece este modelo para realizar evaluaciones por procesos seleccionados o por áreas de trabajo, permitiendo que las empresas adopten los modelos de mejora a su propio ritmo y ataquen principalmente las áreas en las que tienen debilidades o que desean mejorar. Sin embargo, para garantizar el éxito en la implantación del modelo, es deseable que las empresas cuenten con ayuda para tener un monitoreo constante sobre las actividades realizadas, ya sea con la ayuda de herramientas automatizadas o la supervisión de asesores externos que sean expertos en los modelos de la familia CMMI.

2.1.2. El modelo de mejora IDEAL

El modelo IDEAL propuesto por el SEI es un modelo que consta de cinco Fases (ver Figura 2.3) y cuyo objetivo es proporcionar un camino para realizar un programa de SPI [McFeeley, 1996]. El modelo establece las tareas principales a realizar en los procesos de la empresa, desde el establecimiento de los objetivos a cumplir en el proceso de mejora hasta el análisis y la evaluación de los documentos generados durante el proceso, con el objetivo de agregar las observaciones realizadas al proceso de mejora.

De acuerdo al modelo IDEAL existen dos componentes que deben ser considerados en las actividades de mejora de los procesos software que son el *componente estratégico* y el *componente táctico*.

El componente estratégico se basa en las necesidades organizacionales y proporciona la orientación y establecimiento de prioridades en las actividades tácticas. En la Figura 2.2 se muestra una vista de dos dimensiones de aplicación del modelo IDEAL que muestra la localización de cada una de las fases del modelo en ambos niveles. Según el modelo IDEAL la distribución de las actividades en estos dos niveles es la siguiente:

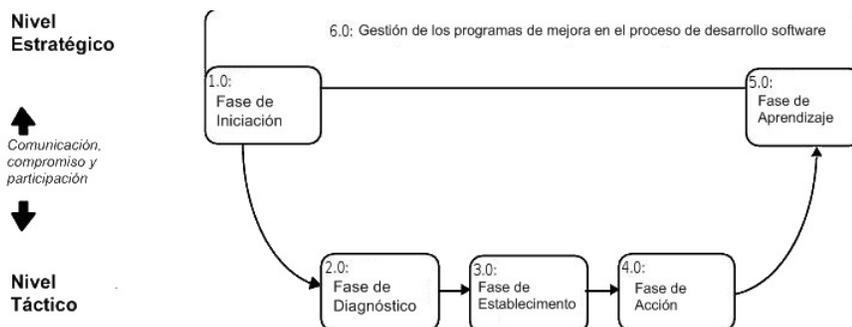


Figura 2.2: Vista de dos componentes en las actividades de mejora de procesos [McFeeley, 1996, 5]

- En el nivel estratégico se encuentran los procesos que son responsabilidad de la alta dirección.
- En el nivel táctico se encuentran los procesos que son modificados, creados y ejecutados por gerentes y personal operativo.

De acuerdo a la Figura 2.3 la aplicación del modelo se realiza de manera cíclica. A medida que las actividades de mejora son completadas, tanto el nivel estratégico como el táctico regresan a la fase de aprendizaje donde se debe reafirmar el compromiso de la alta dirección, se establecen nuevos planes de trabajo y las estrategias pueden o no ser redirigidas de acuerdo a los resultados esperados en el ciclo anterior.

Las actividades de las fases del modelo IDEAL son:

- En la fase de Iniciación (Iniciar) se establece una infraestructura para la mejora y se asignan los recursos destinados a mejorar los procesos. También se establecen las metas generales de acuerdo a las necesidades de la empresa y generalmente se crea un grupo encargado de la administración del proceso y un grupo del proceso de Ingeniería de Software, además de establecerse el plan de mejora para guiar a la organización a través de las siguientes fases.

- En la fase de Diagnóstico (Diagnosticar) se realizan actividades de evaluación para determinar el estado actual de la organización. Los resultados y recomendaciones de la evaluación se incluyen en la primera versión de un plan de mejora.
- En la fase de Establecimiento (Establecer el plan) se da prioridad a los objetivos que ha determinado la empresa y se elaboran planes para alcanzar exitosamente las soluciones propuestas. El plan de mejora es completado y se establecen metas factibles así como métricas para determinar los avances para alcanzar dichas metas.
- En la fase de Acción (Actuar) las soluciones establecidas para las áreas elegidas por la empresa son creadas, desarrolladas y probadas en la organización.
- En la fase de Aprendizaje (Aprender) la información recolectada de fases previas, las lecciones aprendidas y las métricas de desempeño son evaluadas para incrementar la efectividad de la siguiente iteración a través del modelo ideal.

La definición del modelo establece que un enfoque secuencial a través de las distintas fases es propuesto como un escenario del mejor caso y que si los eventos producidos en la vida real impiden seguir este orden, las empresas pueden adaptar las fases del modelo de acuerdo a sus necesidades, e incluso algunas fases pueden ser llevadas a cabo en paralelo ya que los límites entre cada fase no están estrictamente delimitados [Kautz et al., 2000]. Sin embargo, el modelo no proporciona ninguna recomendación acerca de los factores y sus interdependencias a ser tomados en cuenta más allá de simplemente ajustar la metodología.

El modelo IDEAL es un modelo iterativo que establece un grupo de tareas para cada fase dividiendo las actividades a realizar entre el personal estratégico y táctico, y pone especial énfasis en la necesidad de contar con el apoyo de los dirigentes durante el proceso para tener éxito en el proceso de mejora que se haya establecido en los objetivos iniciales. A pesar de que el modelo se enfoca más en empresas grandes que en las PYMES, se han realizado algunos trabajos para aplicar el modelo en PYMES con buenos resultados como en [Brodman and Johnson, 1994, Kautz, 1999, Kautz et al., 2000].

Aunque el modelo IDEAL se enfoca en la mejora de los procesos software en las empresas mediante el análisis de los procesos de acuerdo a un plan de acción definido al comienzo de la iteración, el modelo no especifica alguna forma de evaluar la mejora lograda durante los procesos, solamente al final de cada iteración del modelo.

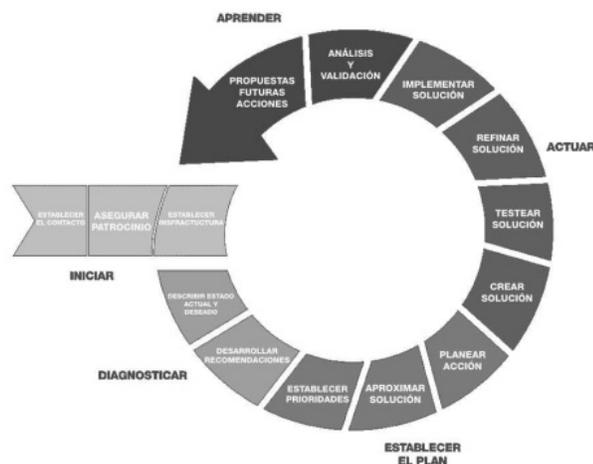


Figura 2.3: Etapas del modelo de mejora IDEAL [McFeeley, 1996, 2]

2.1.3. Modelo de Procesos para la Industria del Software MoProSoft

El Modelo de Procesos MoProSoft es la norma mexicana para la mejora y evaluación de los procesos de desarrollo software. El propósito de la norma es presentar los requisitos de procesos; proporcionar una guía de implantación

para el modelo de procesos MoProSoft; y las Directrices para la Evaluación EvalProSoft para la industria del software [NMX-NYCE, 2007b].

La norma fué publicada el 15 de Agosto del 2005 en el Diario Oficial de la Federación y está dividida en cuatro partes:

- NMX-I-059/01-NYCE Definición de conceptos y productos: Contiene los conceptos y descripciones de los productos usados en otras partes de la norma. Esta norma coincide parcialmente con la Norma Internacional ISO/IEC 15504-1: 2004 “*Information Technology - Process assessment - Part 1: Concepts and vocabulary*” en lo relativo a las definiciones [NMX-NYCE, 2007b].
- NMX-I-059/02-NYCE Requisitos de procesos (MoProSoft): Establece los requisitos de los procesos a implantar en la organización a través del modelo de procesos, MoProSoft. Esta norma coincide parcialmente con la Norma Internacional ISO/IEC 15504-2: 2003 “*Information Technology - Process assessment - Part 2: Performing an assessment*” en lo relativo al inciso 6.2 [NMX-NYCE, 2007c].
- NMX-I-059/03-NYCE Guía de implantación de procesos: Contiene una propuesta práctica de implantación de MoProSoft. Esta norma no tiene concordancia con ninguna Norma Internacional, por no existir referencia alguna en el momento de la elaboración [NMX-NYCE, 2007d].
- NMX-I-059/04-NYCE Directrices para la evaluación de procesos (EvalProSoft): Hace uso de la norma NMX-I-059/02-NYCE y el capítulo 5 de la norma NMX-I-006/02-NYCE [NMX-NYCE, 2007a] para obtener un perfil del nivel de capacidad de los procesos implantados en una organización y un nivel de madurez de capacidades. Esta Norma Mexicana coincide parcialmente con la Norma Internacional ISO/IEC 15504-2: 2003 “*Information Technology - Process assessment - Part 2: Performing an assessment*” [NMX-NYCE, 2007e], en lo relativo a:
 - Sección 4, con respecto a la ejecución de una evaluación;
 - Sección 5, con respecto al marco de medición de la capacidad del proceso;
 - Sección 6.3, con respecto al modelo de proceso de evaluación.

En MoProSoft los procesos se dividen en tres categorías dependiendo del personal asignado a realizar las tareas (ver Figura 2.4). Los procesos que conforman cada categoría son los siguientes:

- La categoría de Alta Dirección contiene únicamente el proceso de Gestión de Negocio. Abarca las prácticas de Alta Dirección relacionadas con la gestión de negocio. Proporciona los lineamientos a los procesos de la categoría de Gerencia y se retroalimenta de la información pasada por ellos.
- La categoría de Gerencia se integra por los procesos de Gestión de Procesos, Gestión de Proyectos y Gestión de Recursos. Este último está constituido por los subprocesos de Recursos Humanos y Ambiente de Trabajo, Bienes, Servicios e Infraestructura y Conocimiento de la Organización. Esta categoría aborda las prácticas de gestión de procesos, proyectos y recursos en función de los lineamientos establecidos en la categoría de la Alta Dirección. Su labor principal es proporcionar los elementos para el funcionamiento de los procesos de la Categoría de Operación.
- La categoría de Operación está integrada por los procesos de Administración de Proyectos Específicos y de Desarrollo y Mantenimiento de Software. Esta categoría realiza las actividades de acuerdo a los elementos proporcionados por la categoría de Gerencia y entrega a ésta la información y productos generados.

MoProSoft puede ser usado por organizaciones con procesos ya establecidos, así como también por organizaciones que aún no tengan procesos establecidos. Las organizaciones que no cuentan con procesos establecidos pueden utilizar la norma como referencia para la definición de sus propios procesos, mientras que las organizaciones que ya tienen procesos establecidos pueden usarla como punto de referencia para identificar los elementos que les hace falta cubrir.

MoProSoft establece una clasificación de 6 niveles para determinar el nivel de madurez y capacidad de las organizaciones de acuerdo a la forma en que se realizan los procesos (ver Tabla 2.3) [Rios et al., 2008] donde el nivel 0 se asocia con el nivel más bajo de capacidad, lo que indica que el propósito de un proceso no es alcanzado. El valor más alto es 5 que significa que las metas de los planes de negocio son alcanzadas, por medio de la optimización



Figura 2.4: Estructura del modelo de procesos MoProSoftm[MoProSoft, 2010]

y la mejora continua. El nivel de madurez de la capacidad de la organización se define como el máximo nivel alcanzado por todos los procesos. Debido a que para el nivel 5 sólo se establecieron requisitos para el proceso de Gestión de Negocio, la organización obtiene la madurez cuando el proceso de Gestión de Negocio cumple con los requisitos para el nivel cinco y los demás alcanzan el nivel cuatro [NMX-NYCE, 2007c]

La norma especifica las actividades a realizar para los procesos de cada una de las categorías, estableciendo los objetivos de cada proceso, el personal encargado de realizar cada proceso, así como los objetivos de cada proceso y la documentación que se especifica como entrada y como salida para cada proceso.

La evaluación de los procesos según la norma se realiza de acuerdo a las directrices de la norma para la evaluación de procesos (EvalProSoft) . Esta norma fué diseñada teniendo en mente la situación actual de las PYMES de nuestro país, además de ser compatible de manera parcial con ISO/IEC 15504, por lo que es ideal para las empresas que cuentan con pocos recursos y que desean implementar la mejora de procesos. Sin embargo los precios para realizar una verificación parte desde los \$40,500 pesos para el Nivel 1, lo cual aún podría ser prohibitivo para algunas empresas que recién empiezan. A pesar de eso MoProSoft ha tenido una buena aceptación, con un total de 169 empresas certificadas para el año 2010, y un incremento del número de empresas que obtuvieron su verificación de un total de 4 empresas en el año 2006 a un total de 101 en el año 2008 y 169 para mayo del 2010 (ver Tabla 2.4). Esto supone un gran avance para las empresas del país y nos muestra que existe un gran interés por implementar la mejora de procesos, pero también nos muestra que aún falta mucho trabajo por hacer, ya que también se observa de los datos de la Tabla 2.4 que solo una empresa ha logrado la certificación para el Nivel 3 hasta el año 2010.

2.2. Modelos de evaluación del proceso software

En la actualidad existen varios métodos de evaluación del proceso software, algunos de ellos están ligados a los modelos de proceso tal y como los que fueron mencionados en el Capítulo 1 de esta tesis. Además, también se han desarrollado algunos métodos de evaluación que son independientes del modelo de proceso con el que se aplican, su principal ventaja es que cualquier empresa puede adoptarlos sin necesidad de estar atada a algún modelo en particular y adaptarlos a sus propios modelos. El método de evaluación más conveniente para cada empresa dependerá tanto de su situación económica como de su estado actual respecto a la aplicación de modelos de procesos por lo que no es sencillo determinar que algún método de evaluación sea mejor que los demás.

Entre las características deseables para un modelo que se aplica en PYMES se deben considerar las siguientes [Scott et al., 2001]:

- Debe ser efectivo y producir buenos resultados (ciclos de vida más cortos, detección temprana de errores,

Tabla 2.3: Descripción de los niveles de capacidad de MoProSoft y los atributos de sus procesos

Nivel 0 Incompleto	No se alcanza el propósito establecido para el proceso
Nivel 1 Terminado	El proceso implementado cumple con su propósito y obtiene resultados bien definidos
Atributos del proceso	1.1 Realización del proceso
Nivel 2 Administrado	El proceso realizado es implementado de una manera administrativa y los productos realizados son establecidos, controlados y mantenidos de manera apropiada
Atributos del proceso	2.1 Gestión y realización 2.2 Gestión de los productos elaborados
Nivel 3 Establecido	La gestión del proceso se implementa a través de procesos bien definidos capaz de conseguir los resultados que se esperan del proceso
Atributos del proceso	3.1 Definición de procesos 3.2 Implantación de procesos
Nivel 4 Previsible	El proceso establecido opera dentro de ciertos límites para conseguir los resultados
Atributos del proceso	4.1 Medición de los procesos 4.2 Control de los procesos
Nivel 5 Optimizado	El proceso previsible se mejora continuamente con el objetivo de conseguir las metas del negocio presentes y futuras
Atributos del proceso	5.1 Innovación en los procesos 5.2 Optimización de los procesos

menos defectos después de la liberación, buen retorno de la inversión).

- Debe ser incremental, de manera que pueda iniciarse con una inversión relativamente pequeña y pueda ser extendido posteriormente. Los incrementos deben de ser cortos y preferiblemente coincidir con los ciclos de proyectos.
- Debe ofrecer resultados rápidos y tangibles para que su continuidad pueda ser justificada.
- Debe poder utilizar tecnologías existentes para obtener el máximo rendimiento del trabajo que ya se haya hecho en la empresa.

Aunque se han desarrollado distintos métodos de evaluación de SPI, no todos son aptos para ser aplicados en las PYMES debido a que han sido diseñados para su uso en empresas grandes y no cumplen con algunos de los requisitos ideales para su aplicación en este tipo de empresas. A pesar de esto, cada uno de los modelos propuestos ha brindado aportaciones significativas en la forma en que se plantean los procesos de mejora y las evaluaciones de tales procesos. A continuación se muestran algunos de los trabajos que se han desarrollado en el área considerando su aplicabilidad a PYMES o las aportaciones que han dado al proceso de evaluación del desarrollo software.

2.2.1. Método de Evaluación Estándar del CMMI para la Mejora de Procesos (SCAMPI)

El método SCAMPI (Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement) es un método diseñado para ofrecer evaluaciones de calidad con relación a los modelos CMMI. Entre las ventajas de SCAMPI se encuentran las siguientes [SCAMPI Upgrade Team, 2006]:

Tabla 2.4: Número de empresas certificadas en el estándar NMX-I-059/02- NYCE-2005 por año y nivel

Año	Nivel de madurez	Total de empresas
2006	1	2
	2	2
2007	1	5
	2	1
2008	1	90
	2	1
2009	1	56
	2	4
	3	1
2010 (hasta mayo)	1	5
	2	2
	3	0
Total		169

- Permite a los miembros de la empresa obtener una mejor comprensión sobre sus capacidades de ingeniería identificando las fortalezas y debilidades de sus procesos actuales.
- Relacionar estas fortalezas y debilidades con el modelo CMMI.
- Priorizar planes de mejora.
- Enfocarse en las mejoras (corregir las debilidades que generan riesgos) que aportan más beneficios a la organización dado su nivel actual de madurez organizacional o sus capacidades de proceso.

Las evaluaciones con SCAMPI pueden realizarse con una de sus tres variantes:

- El método SCAMPI clase A tiene como objetivo la institucionalización de los procesos en la empresa, mediante un riguroso estándar de recogida de datos detallados sobre la implementación de los procesos en la organización; así como de identificación y cobertura de la unidad organizativa. Permite realizar una evaluación comparativa respecto al modelo de referencia CMMI y evaluar el nivel de madurez actual. El método SCAMPI Clase A es el único de la familia de evaluaciones SCAMPI que permite la obtención de una acreditación de nivel de madurez.
- El método SCAMPI clase B se centra en la implementación, manteniendo algunos requisitos de la recolección de datos detallados de la implementación en la organización, pero ofreciendo criterios de muestreo de la organización menos exigentes. Permite validar la implementación de los procesos y prácticas definidas en un ámbito delimitado de la organización, ayudando a estudiar y comprender el posible despliegue de éstas al resto de la organización.
- El método SCAMPI clase C se centra en la propuesta de proceso, con requisitos accesibles en la recolección de datos del nivel de uso en la organización; aunque validando que el enfoque del proceso a implementar es consistente con los propósitos de las prácticas del modelo de referencia

Para realizar una evaluación SCAMPI es necesario utilizar los servicios de un "SCAMPI Lead Appraiser" (Certificador-Líder SCAMPI). Un SCAMPI Lead Appraiser es un profesional que ha completado con éxito el proceso de autorización-acreditación de la Carnegie Mellon University-SEI que incluye un amplio currículo formativo y requisitos de experiencia profesional, así como superar con éxito una observación "in-situ" ejerciendo como líder de una evaluación SCAMPI Clase A en una organización-cliente.

El método de evaluación SCAMPI consta de 3 fases:

- *Fase 1: Planeación y preparación para la evaluación:* Los objetivos para realizar la evaluación SCAMPI se determinan en la Fase 1, Proceso 1.1, Análisis de Requerimientos. Toda la planeación, ejecución y reporte de resultados se deriva de esta actividad de acuerdo a las fases y procesos establecidos. Debido a la considerable inversión y a la planeación logística involucrada en el proceso, se espera que en esta fase exista una importante cantidad de iteraciones y un refinamiento en la planeación de las actividades. En cada una de las siguientes fases la cantidad de iteraciones disminuye mientras los datos son recolectados, analizados y transformados en información que sea relevante para el modelo. La evaluación se basa en la observación, medición o pruebas, y puede ser verificada. El equipo evaluador se encarga de verificar y validar la información proporcionada por la organización para identificar fortalezas y debilidades relativas a un modelo de referencia CMMI. La recolección de datos de la organización evaluada es fundamental para la evaluación ya que incrementa la precisión de los resultados de una evaluación realizada por un equipo externo, facilita el monitoreo del cumplimiento de los procesos y su progreso, y permite la reutilización de los resultados en evaluaciones subsecuentes, minimizando el esfuerzo necesario para la siguiente preparación.
- *Fase 2: Realizar la evaluación:* En la Fase 2 el equipo de evaluación se enfoca en recolectar datos que permitan determinar el alcance de la implementación del modelo en la organización. Un concepto importante en esta fase es la cobertura, que implica (a) la recolección de suficientes datos para cada componente del modelo dentro del modelo CMMI de referencia seleccionado para la evaluación y (b) obtener una muestra representativa de los procesos en curso (abarcando los ciclos de vida que la organización utiliza en el desarrollo y entrega de sus productos y servicios). Esto con el objetivo de recolectar datos e información de todas las prácticas del modelo de referencia para cada proceso que está siendo evaluado en la organización. El plan de recolección de datos elaborado en la Fase 1 pasa por varias iteraciones y refinamiento hasta que el nivel deseado de cobertura es alcanzado. Una vez que se determina que se ha alcanzado un nivel adecuado de cobertura, se deben generar los resultados de la evaluación. Con esto se determina el nivel alcanzado en cada área de proceso en la organización, que puede utilizarse para determinar el nivel de madurez y capacidad para cada proceso individual, y en conjunto se utilizan para determinar el nivel madurez y capacidad de la organización.
- *Fase 3: Reporte de resultados:* En la Fase 3 el equipo de evaluación proporciona los resultados obtenidos de la evaluación a la organización. Estos resultados forman parte del registro de evaluación, el cual debe almacenarse como información protegida de acuerdo a los deseos de la organización evaluada. Además el registro es entregado a los evaluadores de CMMI para ser almacenado en la base de datos de los perfiles de madurez y capacidad de la comunidad, los cuales se ponen a disposición del público de manera semestral.

El tiempo necesario para la evaluación es de aproximadamente 3 meses, incluyendo la planeación, preparación y ejecución. La duración de un ciclo de actividades posteriores a la evaluación debe incluir el tiempo necesario para crear el plan de acción y un plazo de 18 a 24 meses para implementarlo, con evaluaciones cada 6 meses.

El personal necesario para realizar una evaluación SCAMPI incluye a la alta dirección de la empresa, el líder del equipo evaluador, el coordinador de la unidad organizacional, los participantes seleccionados y los miembros del equipo de evaluación.

El personal requerido y el tiempo que se necesita invertir en el proceso de evaluación hacen de este método una alternativa no factible para las PYMES, ya que como se mencionó anteriormente, un proceso enfocado a las PYMES de preferencia debe requerir una inversión inicial pequeña y mostrar resultados en el corto plazo. Esto se debe a que el método de evaluación SCAMPI está enfocado a grandes empresas que ya cuentan con modelos de procesos definidos y que desean mejorarlos, considerando que además cuentan con los recursos suficientes. A esto se le agrega el hecho de que es requisito indispensable que la evaluación sea dirigida por un SCAMPI Lead Appraiser certificado por el SEI, de los cuales hay pocos aún en nuestro país, al grado de no contar aún con un directorio de líderes certificados, y que de acuerdo a la página del SEI la certificación tiene un costo de 7,200 USD para

los interesados fuera de los Estados Unidos pudiendo requerir una inversión total de entre 40,000 y 100,000 USD [Software Engineering Institute, 2009].

2.2.2. Evaluación basada en el modelo CMM para la mejora de procesos internos (CBA-IPI)

El método CBA-IPI por sus siglas en inglés (CMM Based Model Appraisal for Internal Process Improvement) es una herramienta de diagnóstico que permite a las empresas mejorar su capacidad en los procesos de desarrollo software identificando las fortalezas y debilidades de sus procesos actuales en comparación con el modelo CMM [Dunnaway and Masters, 2001].

La evaluación de las empresas es realizada por un equipo entrenado para realizar evaluaciones relacionadas con las áreas clave de proceso del CMM. Este equipo debe ser dirigido por un *Lead Assesor* calificado en el Programa de Evaluadores del SEI el cual publica un directorio semestral con los Lead Assessors autorizados. Las evaluaciones se generan con datos obtenidos a través de cuestionarios, revisión de documentos, entrevistas con administradores, líderes de proyecto y profesionales del software.

Las actividades que se llevan a cabo en el modelo CBA-IPI son las siguientes:

- *Preparación de la evaluación:* En esta fase se debe asegurar el apoyo de la gerencia de la empresa, se decide el alcance y los proyectos que participarán en la evaluación, se selecciona el equipo de trabajo y se le entrega la instrucción necesaria.
- *Actividades de campo:* En esta etapa se lleva a cabo la recolección y análisis de la información por medio de diversas actividades como son entrevistas individuales y colectivas a gerentes, líderes de proyecto y al grupo de desarrollo, además se realiza la consolidación y análisis de la información obtenida y se prepara el informe de presentación de los hallazgos preliminares para su validación y evaluación.
- *Etapa de evaluación:* En esta etapa se presentan los resultados a todos los participantes, se lleva a cabo una sesión final con la gerencia para clarificar detalles y al final se llevan a cabo actividades de cierre de la evaluación.

En la Tabla 2.5 extraída de [Dunnaway and Masters, 2001] se muestran los tiempos aproximados para las actividades a realizarse en las fases descritas anteriormente

Tabla 2.5: Agenda típica de las actividades del modelo CBA-IPI

Meses 1-2	Planeamiento de la evaluación y entrenamiento del equipo
Mes 3	Evaluación de campo
Mes 4	Entrega del reporte final y sesión para dar recomendaciones
Mes 5	Desarrollo del plan de acción para la mejora del proceso
Meses 6-24	Implementación del plan de acción
Meses 18-30	Re-evaluación

Las desventajas de este modelo para su aplicación en PYMES son el hecho de requerir necesariamente un líder certificado por el SEI para dirigir el equipo lo cual puede no estar al alcance del presupuesto de una empresa pequeña.

El hecho de que el modelo esté diseñado para trabajar con SW-CMM puede dificultar su adopción para trabajar con otros modelos y la cantidad de tiempo requerida para cada una de las actividades de las fases del modelo.

2.2.3. SPICE (ISO/IEC 15504)

El modelo SPICE (Software Process Improvement and Capability Determination) es un marco de trabajo que fué desarrollado en conjunto por la ISO (International Organization for Standardization) y la IEC (International Electrotechnical Commission). Fué desarrollado con el objetivo de contar con un modelo de referencia estándar en la evaluación de los procesos que se llevan a cabo en las empresas [van Loon, 2004]. El estándar consta de 3 elementos clave:

- Un marco de trabajo para realizar las mediciones.
- Un conjunto de requerimientos para la definición de los procesos
- Un conjunto de requerimientos de como realizar las evaluaciones de los procesos de manera consistente

Una de las características más importantes del estándar es que permite la integración con otros estándares para la evaluación de procesos y permite la aplicación de varios métodos de evaluación de procesos, siempre y cuando cumplan con los requerimientos establecidos para la definición de los procesos y para su evaluación. Esto con el objetivo de hacerlo compatible con métodos de evaluación ya existentes en las empresas.

El modelo se enfoca en 3 elementos principales en las empresas: las personas (People), los productos (Product) y los procesos (Process), y las relaciones que pueden existir entre estos 3 elementos (ver Figura 2.5), y que se definen de acuerdo a las actividades específicas de cada empresa. De esta manera es posible que cada empresa le asigne el peso específico que cada elemento tiene para sus actividades, así como también puede definir las relaciones existentes entre los elementos. Ejemplos de estas relaciones pueden ser “las personas desarrollan productos”, “las personas implementan procesos” o “los procesos controlan los productos” según las relaciones mostradas, sin embargo estas no necesariamente son todas las relaciones que pueden darse entre los 3 elementos.

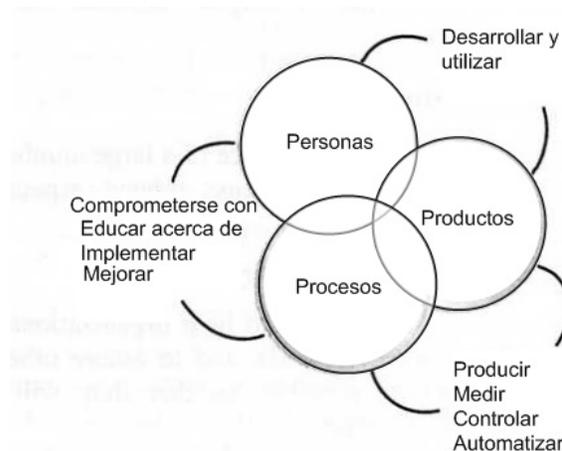


Figura 2.5: El modelo Personas-Procesos-Productos [van Loon, 2004, 8]

La parte 2 del modelo ISO/IEC 15504 define el marco de trabajo de acuerdo a 4 componentes definidos [van Loon, 2004]:

- El modelo de evaluación de los procesos.
- El marco de trabajo para realizar la evaluación.
- La descripción de los procesos.
- El método de evaluación de los procesos.

De acuerdo a la especificación del estándar, los procesos se clasifican en 6 niveles de capacidad, numerados del 0 al 5 dependiendo del nivel de madurez con que se realice cada proceso en la empresa. La descripción de cada uno de los niveles se muestra en la Tabla 2.6.

Cada nivel de capacidad es evaluado utilizando atributos de procesos, los cuales se utilizan para determinar si un proceso dado ha alcanzado el nivel de madurez establecido por ese atributo. Los atributos de proceso están definidos de tal manera que pueden ser evaluados independientemente de los demás. Sin embargo, el éxito en la evaluación de un atributo puede estar determinado por el desempeño de algún otro atributo. El estándar internacional define 9 atributos divididos de acuerdo al nivel en el que son evaluados:

Tabla 2.6: Los 6 niveles de capacidad de procesos de ISO/IEC 15504

Nivel	Descripción
Nivel 0: Incompleto	El proceso no está implementado o falla en lograr el objetivo establecido
Nivel 1: Realizado	El proceso es implementado y cumple su propósito
Nivel 2: Gestionado	El proceso es gestionado y los productos generados son establecidos, controlados y mantenidos
Nivel 3: Establecido	Se usan procesos bien definidos basados en estándares de procesos
Nivel 4: Predecible	Los procesos son implantados constantemente dentro de límites bien definidos
Nivel 5: Optimizado	El proceso es mejorado continuamente para cumplir las metas actuales y programadas de la empresa

- 1.1 Atributo de desempeño del proceso.
- 2.1 Atributo de gestión del desempeño.
- 2.2 Gestión de los productos de trabajo.
- 3.1 Definición del proceso.
- 3.2 Despliegue del proceso.
- 4.1 Medición del proceso.
- 4.2 Control del proceso.
- 5.1 Innovación del proceso.
- 5.2 Optimización del proceso.

Cada atributo de proceso consiste en una o más prácticas genéricas, de las cuales se elaboran los indicadores de prácticas que ayudan en el desempeño de las evaluaciones. Además cada atributo es evaluado en una escala de 4 puntos (N-P-L-F) a cada uno de los cuales se les asigna un puntaje en términos de una escala porcentual del grado de consecución de logros mostrada en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7: Escala de evaluación de los atributos de procesos

Escala	Nombre	Porcentaje de logros
N	No conseguido	0 a 15 %
P	Parcialmente conseguido	16 a 50 %
L	Conseguido en gran medida	51 a 85 %
F	Completamente conseguido	86 a 100 %

En este modelo la evaluación se realiza en 2 dimensiones: Dimensión de Capacidad y Dimensión de Procesos, la ventaja de esta división es que cualquier procesos puede ser evaluado en cualquier nivel de capacidad que se encuentre, independientemente del nivel de los demás procesos. De esta forma se puede ajustar la evaluación para considerar solamente algunos procesos, por ejemplo, y compararla con el nivel de capacidad que se desee; sin que esto afecte otros procesos que la empresa no lleve a cabo en el mismo nivel de capacidad. Además, el modelo permite añadir más dimensiones si se desea para realizar evaluaciones de otros factores, como puede ser la calidad del producto final o la gestión de riesgos (ver Figura 2.6).

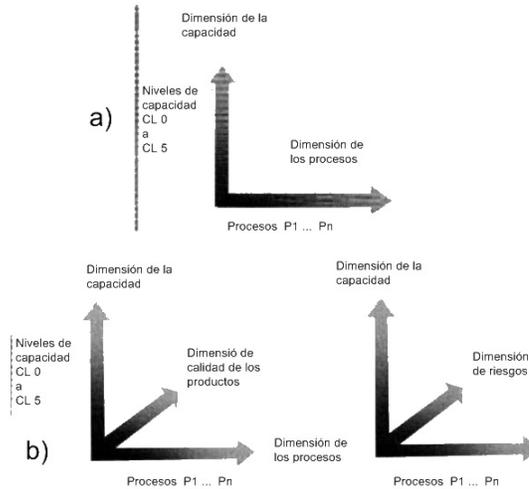


Figura 2.6: a) Dimensiones de evaluación del modelo ISO/IEC 15504. b) Dimensiones que pueden ser agregadas a la evaluación de acuerdo a las necesidades de la empresa. [van Loon, 2004, 20]

Las principales ventajas de este modelo son las siguientes:

- Es posible utilizar diferentes modelos de referencia de procesos sin afectar la evaluación en la dimensión de capacidad (utilizar diferentes modelos para definir como se realizan los procesos independientemente de la evaluación).
- Utiliza diferentes modelos de evaluación para cada modelo de referencia de procesos.
- Utiliza diferentes estándares de evaluación en la dimensión de capacidad de los procesos.
- Proporciona una definición clara de los niveles de capacidad y los atributos de cada nivel.
- Es posible utilizarse con otros métodos de evaluación, lo que permite la reutilización de los modelos existentes en las empresas.

Entre sus principales desventajas se encuentra también la división de dimensiones para la evaluación, ya que esto implica una mayor cantidad de áreas en las que se puede obtener certificación, como son:

- Certificación de los evaluadores.
- Certificación en los resultados de las evaluaciones.
- Certificación de conformidad con un modelo de referencia para los procesos.
- Certificación de los modelos de evaluación de procesos

En este caso se observa que aunque puede ser una ventaja el no estar obligado a utilizar un modelo específico para realizar la evaluación, en el caso de PYMES que no cuenten con los conocimientos ni la asesoría adecuada puede haber confusión acerca de por donde empezar o que modelo elegir de acuerdo a sus necesidades.

2.2.4. Método de Evaluación de procesos para la industria de software EvalProSoft

EvalProSoft es la Norma Mexicana que define las directrices para la evaluación de procesos para la industria de software [NMX-NYCE, 2007e]. El propósito de EvalProSoft es otorgar a la organización solicitante un perfil del nivel de capacidad de los procesos implantados en la organización y un nivel de madurez de capacidades.

Para realizar una evaluación se requiere la intervención del Organismo de Certificación, el cual respalda la aplicación de EvalProSoft. El Organismo de Certificación se responsabiliza de calificar a los candidatos a evaluadores y a mantener y hacer pública una lista de Evaluadores.

Los posibles usos de EvalProSoft son los siguientes:

- Evaluación para determinar las capacidades de los procesos y madurez de la organización, esto con el objetivo de obtener un perfil del nivel de capacidad de los procesos implantados y un nivel de madurez de capacidades.
- Evaluación de capacidades del proveedor para determinar el nivel de capacidad de los procesos implantados por el proveedor de desarrollo y mantenimiento de software
- Auto-evaluación de capacidades de proceso, cuando una organización realiza una evaluación por personal interno o externo sin fines de certificación.

Estas evaluaciones les sirven a las organizaciones para determinar las oportunidades de mejora con respecto a la norma NMX-I-059/02-NYCE, con el fin de optimizar los resultados de la organización, o como comparativo del nivel de madurez de capacidades con respecto a otras organizaciones del mercado.

EvalProSoft se compone de las actividades de preparación de la evaluación, planificación, ejecución, generación y entrega de resultados, cierre y notificación de los resultados de evaluación. La relación de estas actividades se muestra en la Figura 2.7.

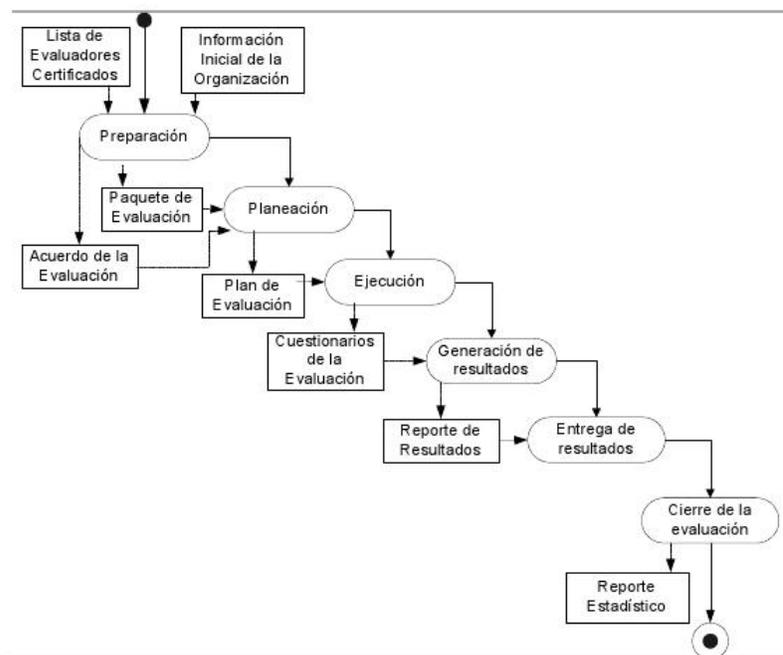


Figura 2.7: Actividades de EvalProSoft [NMX-NYCE, 2007e]

EvalProSoft proporciona lineamientos acerca de cómo deben realizarse las evaluaciones, el equipo encargado que debe realizarlas y los documentos necesarios de entrada y salida para realizar una evaluación exitosa, sin embargo no especifica ni impone algún formato en particular para realizar los cuestionarios de la evaluación. El único requisito es que los cuestionarios de evaluación deben ajustarse a la terminología de la organización, con base en la relación entre NMX-I-059/02-NYCE y los procesos de la organización [NMX-NYCE, 2007e]. Esto permite a las organizaciones determinar la forma en que se debe elaborar el cuestionario en conjunto con los evaluadores, así como el plan de evaluación y el reporte de resultados. Esto tiene la ventaja de que las empresas pueden decidir que procesos que desean evaluar y ajustar el proceso de evaluación a sus propias necesidades, sin embargo si desean obtener una certificación es necesario que cumplan con todos los criterios de evaluación para los procesos establecidos en la norma NMX-I-059/02-NYCE.

2.2.5. El proyecto IMPACT

El proyecto IMPACT generó un marco de trabajo para SPI que se enfoca especialmente a la forma de trabajo de las PYMES considerando que en éstas se trabaja con presupuestos ajustados, tiempos de entrega reducidos para

2.3. Propuestas de evaluación basadas en cuestionarios

Existen varias técnicas para la evaluación de los procesos de desarrollo software en las empresas entre ellas podemos destacar las evaluaciones, el método de evaluación SCAMPI (Standard CMMI Appraisal Method for Software Process Improvement) [SCAMPI Upgrade Team, 2006], métodos de evaluación basados en entrevistas, basados en cuestionarios, entre otras.

Tal como lo describe Marciniak en [Marciniak and Sadauskas, 2003] hay varias razones importantes para usar evaluaciones de los procesos en las empresas, como pueden ser:

- Revisar los progresos realizados en la mejora de procesos (comparando contra algún estándar).
- Ganar un mayor entendimiento dentro de los programas de mejora de procesos.
- Verificar el nivel de madurez actual de la empresa.
- Servir como punto de partida para la implantación de un programa de mejora de procesos.
- Servir como una herramienta de auditoría, para checar la situación de un contratista/proveedor.

El enfoque basado en cuestionarios QBA (Questionnaire-Based Appraisal) [Marciniak and Sadauskas, 2003] consiste en la recolección de datos utilizando un cuestionario de madurez de una manera disciplinada, con el objetivo de que el cuestionario sea confiable es recomendable considerar dos aspectos importantes en su realización.

- El cuestionario de madurez debe basarse en algún cuestionario estándar, como por ejemplo el cuestionario de madurez publicado por el SEI [Zubrow et al., 1994].
- Debe contar con una técnica rigurosa que permita recolectar los datos fácilmente.

Los métodos de evaluación basados en cuestionarios ofrecen muchas ventajas ya que es un método no invasivo, rentable, que produce datos cuantitativos y cuyos resultados pueden ser analizados con prontitud [Gillham, 2008]. Todas estas características hacen a los enfoques basados en cuestionarios una alternativa ideal para las PYMES en las cuales generalmente se cuenta con presupuestos limitados y las cuales por lo general necesitan modelos que les permitan mejorar sus resultados en el corto y mediano plazo, a diferencia de los modelos de madurez diseñados para grandes empresas y cuyo costo de implementación es bastante elevado, además de que por lo general ofrecen resultados a largo plazo para las empresas, sin embargo es importante destacar tal como se menciona en [García et al., 2007] que las desventajas de este método son que carece de precisión y que puede prestarse a malinterpretaciones.

2.3.1. Procedimiento para realizar en un cuestionario

Para que la evaluación basada en un cuestionario sea efectiva en la empresa, el proceso de evaluación debe considerar las siguientes etapas:

- Desarrollo del plan de evaluación basado en un cuestionario.
- Preparación del cuestionario.
- Establecimiento del plan para procesar los datos obtenidos del cuestionario.
- Orientación para los empleados que participarán en la evaluación.
- Recolección de los datos, análisis de estos y generación de reportes.

El proceso de elaboración del cuestionario es un paso vital en el proceso de evaluación, ya que de este paso dependerá la facilidad con la que se pueda recopilar la información de los cuestionarios y la rapidez con que sea posible analizar y evaluar esa información.

Las preguntas de los cuestionarios pueden clasificarse en dos tipos, preguntas abiertas y cerradas. Las preguntas abiertas proporcionan más información que las preguntas cerradas, sin embargo la complejidad para analizar los datos es más alta que la de las preguntas cerradas [Yamanishi and Li, 2002], por esta razón generalmente se utilizan cuestionarios con preguntas cerradas para realizar las evaluaciones.

2.3.2. Cuestionario de Madurez del SEI

El cuestionario de madurez del SEI [Zubrow et al., 1994] es una herramienta complementaria que puede utilizarse como componente de distintos métodos de evaluación, como puede ser CBA-IPI [Dunnaway and Masters, 2001] o CMM v1.1 [Paulk et al., 1991] y como tal no proporciona una completa evaluación de los procesos software en una empresa, sino que está diseñado para utilizarse como una herramienta de evaluación por métodos de evaluación como los anteriormente mencionados.

El cuestionario está compuesto por preguntas cerradas de opción múltiple divididas en 18 categorías relacionadas con la administración de los proyectos software, la administración de la configuración y de la calidad entre otras categorías.

Las posibles respuestas a cada pregunta del cuestionario son:

Sí: Cuando la práctica está bien establecida y se lleva a cabo de manera consistente en la organización.

No: Cuando la práctica no está bien establecida o se lleva a cabo de manera inconsistente.

No Aplica: Si se cuenta con el conocimiento requerido acerca del proyecto o la organización en la pregunta realizada, pero se piensa que la pregunta no es aplicable en el proyecto.

No sabe: Si no se está seguro de como responder esa pregunta.

De las 4 posibles respuestas, realmente solo dos proporcionan información para determinar la situación de la empresa con respecto a la situación actual de los procesos de la empresa, lo que sitúa la escala de valores solamente en dos extremos: Sí cuando la practica es llevada a cabo y No si la práctica no es llevada a cabo en la empresa lo que no da opción a niveles intermedios como por ejemplo situaciones en las que las prácticas se llevan a cabo pero son rara vez documentadas o cuando no son documentadas en lo absoluto [García et al., 2007].

Otra desventaja importante es que el cuestionario se enfoca solamente en evaluar la madurez de los procesos de la empresa, sin poner atención en las debilidades de las prácticas realizadas.

2.3.3. Cuestionario de dos fases para la administración de requerimientos

En [Cuevas et al., 2004] se desarrolla un cuestionario para la evaluación de la Administración de Requerimientos (Requirements Management, RM) en las empresas. El planteamiento del autor parte del hecho de que si bien la administración de requerimientos no suele llevarse a cabo de manera formal en las empresas, existe gente que lleva a cabo prácticas de administración de requerimientos. Sin embargo, al no documentarse estas prácticas no es posible difundirlas al resto de la organización. El objetivo del cuestionario es determinar el nivel de madurez la empresa en las prácticas de Administración de Requerimientos utilizando un cuestionario de dos fases basado en las prácticas de Administración de Requerimientos de CMMI [Product Development Team, 2002a, Product Development Team, 2002b].

El objetivo de la metodología de evaluación utilizada por los autores es obtener información útil acerca del estado actual de los procesos RM, la identificación de los procesos que se llevan a cabo pero no se documentan, que procesos requieren priorizarse y cuales no se implementan por una mala administración o descuido [Cuevas et al., 2004].

La metodología de evaluación se basa en un cuestionario de dos etapas con siete posibles respuestas para estar bien informado acerca del estado actual de los procesos:

- Cinco respuestas acerca del nivel de desempeño para determinar el alcance en el que cada práctica se lleva a cabo. **Casi siempre, la mayoría de las veces, algunas veces, rara vez y nunca.**
- Dos respuestas de validación para determinar la aplicabilidad de la pregunta: **No sé, No aplica.**
- Espacio para información adicional (comentarios).

A cada respuesta se le asigna un valor único que indica el nivel de desempeño en esa práctica de la siguiente manera:

- *Casi siempre:* La práctica se lleva a cabo y es documentada casi siempre.

- *La mayoría de las veces*: La práctica se lleva a cabo pero sólo algunas veces se documenta.
- *A veces*: La práctica se lleva a cabo de manera inconsistente y por lo general no se documenta.
- *Rara vez*: La práctica se lleva a cabo en muy pocas ocasiones y no se documenta.
- *Nunca*: La práctica nunca se lleva a cabo.

El cuestionario propuesto se basa en dos tipos de prácticas del área RM y se divide en dos etapas. La primera etapa se refiere a las prácticas específicas y la segunda etapa a las prácticas genéricas, aplicadas como se muestra a continuación:

1. *Primera etapa*: Se aplica a los empleados que ejecutan los procesos, como analistas, desarrolladores, diseñadores y programadores, etc. La etapa se divide en cinco prácticas específicas (Specific Practices, SP). Es necesario desempeñar todas las prácticas para obtener un proceso de RM bien establecido (ver Tabla 2.8).
2. *Segunda etapa*: Se aplica a los empleados encargados de administrar los procesos como son: la alta dirección, administradores de sistemas, administradores de software o los líderes de equipo. Esta etapa se divide en diez prácticas genéricas (Generic Practices, GP) cuyo objetivo es determinar si las actividades de RM están institucionalizadas o no. La institucionalización de las prácticas asegura que los procesos asociados con el área de procesos serán efectivos, repetibles y duraderos [Product Development Team, 2002a, Product Development Team, 2002b]. Es necesario llevar a cabo todas las actividades GP para tener un proceso RM institucionalizado en la empresa (ver Tabla 2.9).

Tabla 2.8: Prácticas específicas de RM

SP1	Lograr el entendimiento de los requerimientos con los clientes y los usuarios
SP2	Obtener el compromiso con los requerimientos de todos los participantes del proyecto
SP3	Administrar los cambios en los requerimientos durante el ciclo de vida del proyecto
SP4	Administrar si la trazabilidad de los requerimientos sigue el ciclo de vida de un requerimiento hacia adelante y hacia atrás
SP5	Encontrar las inconsistencias que puedan existir entre los planes de proyecto y los requerimientos de software y llevar a cabo acciones correctivas

Tabla 2.9: Prácticas genéricas de RM

GP1	Adherirse a las políticas organizacionales
GP2	Rastreo de un plan de proyecto documentado
GP3	Asignación adecuada de los recursos
GP4	Asignación de responsabilidad y autoridad
GP5	Entrenamiento de las personas involucradas
GP6	Trabajar bajo un sistema de control de versiones o de administración de la configuración
GP7	Revisión por las personas afectadas
GP8	Medición del proceso
GP9	Cumplimiento del proceso con estándares específicos
GP10	Revisión del estado actual con una administración de más alto nivel

Al dividir el cuestionario en dos fases permite cubrir las necesidades del CMMI al ser identificadas las diferencias entre los tipos de actividades realizadas. Al mismo tiempo permite que el número de personas a ser evaluadas en cada etapa disminuya al identificar cada etapa con los correspondientes empleados que realizan las actividades de ésta.

Entre las ventajas más relevantes del cuestionario se encuentran la reducción de los costos de la evaluación, así como también la reducción de los tiempos al requerir solamente diez días para presentar la evaluación y el plan de acción [Cuevas et al., 2004].

2.3.4. Cuestionario de dos fases para la gestión de proyectos software

En [García et al., 2007] se propone un cuestionario que consta de dos etapas para la evaluación de las Prácticas de Administración de Proyectos (Project Management Practices, PMP). El cuestionario está compuesto de preguntas cerradas con un límite de siete posibles respuestas organizadas de la siguiente manera:

- Cinco respuestas de nivel de desempeño: **Siempre, usualmente, a veces, rara vez y nunca**. Estas respuestas sirven para determinar el alcance hasta el que cada práctica se lleva a cabo
- Dos respuestas de validez: **No sé y No aplica**. Estas respuestas se utilizan para determinar la validez de las preguntas, para validar que la pregunta es correcta y para verificar la sintaxis de las preguntas.
 - Se proporciona espacio adicional para realizar comentarios que proporcionen información complementaria. Es obligatorio escribir algún comentario cuando se verifican las respuestas de validez.

Las preguntas de nivel de desempeño determinan el porcentaje en que cada práctica es realizada, abarcando en una escala de valores desde 0 para la respuesta 'nunca', hasta 4 cuando la respuesta es 'siempre'. La Tabla 2.10 muestra la clasificación de las respuestas y la interpretación dada de acuerdo al valor de cada respuesta.

Tabla 2.10: Clasificación del nivel de desempeño

Posible respuesta	Nivel de desempeño	Descripción
Siempre	4	La actividad está bien establecida y documentada en la organización. Esta actividad se realiza siempre, entre el 75 y 100 % de las veces en proyectos software de la organización
Usualmente	3	La actividad está bien establecida en la organización pero rara vez es documentada. Esta se realizada usualmente, entre el 50 y 75 % de las veces en proyectos software de la organización
A veces	2	La actividad está débilmente establecida en la organización. Se realiza algunas veces, entre el 25 y 50 % de las veces en proyectos software de la organización
Rara vez	1	La actividad rara vez se lleva a cabo en la organización. Se realiza raramente, entre el 1 y el 25 % de las veces en proyectos software de la organización
Nunca	0	La actividad no se lleva a cabo en la organización. Ninguna persona o grupo desempeña dicha actividad en la organización
No sé		La persona no está segura de como responder la pregunta
No aplica		La pregunta no es aplicable a la organización
Comentarios		Este espacio sirve para elaborar o calificar las respuestas a las preguntas y es obligatorio rellenar cuando se elige la respuesta No sé o No aplica

La aplicación del cuestionario se basa en dos tipos de prácticas establecidas por el CMMI-Dev y se divide en dos fases. La primera fase está dirigida a los empleados encargados de implementar los procesos y está basado en las prácticas específicas de PMP del modelo CMMI-Dev [SEI, 2006].

La segunda fase está dirigida a los administradores de alto nivel como son los administradores generales, los administradores de sistemas, los administradores de software o los líderes de proyecto y está basado en las prácticas genéricas de PMP del CMMI-Dev [SEI, 2006].

Este cuestionario ya ha sido aplicado en PYMES no solamente para la evaluación de los procesos de desarrollo software, sino también para evaluar los procesos de adquisición de software [García et al., 2008].

2.4. Herramientas existentes para la evaluación de los procesos

Existen herramientas automatizadas que facilitan la evaluación de procesos, a continuación se analizan algunas de las herramientas desarrolladas para realizar las evaluaciones de procesos basadas en métodos de evaluación y cuestionarios como los expuestos en las secciones anteriores. Una de las ventajas de utilizar herramientas automatizadas es que las evaluaciones se llevan a cabo de manera más rápida que al realizarlas manualmente. Adicionalmente, la mayoría de las herramientas disponibles permiten almacenar resultados de evaluaciones anteriores para realizar comparaciones y determinar la mejora alcanzada.

2.4.1. Appraisal Wizard

Appraisal Wizard [ISD, 2009] es una herramienta desarrollada por Integrated System Diagnostics Incorporated (ISD-Inc) para preparar y realizar evaluaciones basadas en varios modelos estándar. Las características básicas de la herramienta se muestran en la Figura 2.9.

Feature	Product			
	Appraisal Wizard	Appraisal Wizard Lite	Model Wizard	Model Mapper
A. Architecture / Platform				
Client-Server	Yes		Yes	Yes
Multiple users may access same database concurrently	Yes		Yes	Yes
Operating System	Windows ¹¹	Windows ¹¹	Windows ¹¹	Windows ¹¹
Database software provided (Firebird V1.5.4)	Yes	Yes	Yes	Yes
Local Area Network usage	Yes		Yes	Yes
Wide Area Network usage	Possible ⁹		Possible ¹	Possible ¹
Floating licensing limited by maximum concurrent users on a server	Yes		Yes	Yes
B. Reference Models / Standards / Frameworks Availability¹⁴				
CMMI-DEV v1.2 (staged and continuous representations provided)	Yes	Yes	Yes	Yes
CMMI v1.1 SE-SW-IPPD-SS (staged and continuous representations provided) ³	Yes	Yes	Yes	Yes
CMMI v1.02d (staged and continuous representations provided) ³	Yes	Yes	Yes	Yes
CMMI v1.0 (staged and continuous representations provided) ³	Yes	Yes	Yes	Yes
SW-CMM ¹	Yes	Yes	Yes	Yes
P-CMM ¹	Yes	Yes	Yes	Yes
P-CMM v2	Yes	Yes	Yes	Yes
SA-CMM v1.0 ³	Yes	Yes	Yes	Yes
SA-CMM v1.02 ²	Yes	Yes	Yes	Yes
SA-CMM v1.03	Yes	Yes	Yes	Yes
CMMI-ACQ v1.2 (coming in 2008)	Yes	Yes	Yes	Yes
ISO 9001-2000 (coming in 2008)	Optional ⁴	Optional ⁴	Optional ⁴	Optional ⁴
ISO 9000-2005 (coming in 2008)	Optional ⁴	Optional ⁴	Optional ⁴	Optional ⁴

Figura 2.9: Características principales de Appraisal Wizard

Esta herramienta es capaz de realizar evaluaciones utilizando métodos de evaluación como SCAMPI y CBA-IPI, además de ofrecer opción para configurar evaluaciones utilizando otros métodos de evaluación. Además, esta herramienta es capaz de realizar evaluaciones para varios modelos estándar como son CMMI y SW-CMM entre otros. Ofrece también la posibilidad de realizar evaluaciones de la implantación del modelo completo o solamente realizar evaluación de procesos establecidos por el usuario, lo que permite que las empresas evalúen los procesos que realmente están implementando. También es capaz de almacenar en su base de datos los resultados de evaluaciones pasadas, para poder compararlos con los resultados actuales y monitorear los avances logrados en la implantación de los procesos establecidos en la empresa. Una de las utilidades más importantes que ofrece Appraisal Wizard es su herramienta para realizar mapeos de los procesos entre diferentes estándares, conocida como Model Mapper (ver Figura 2.10), lo que permite evaluar un proceso contra varios estándares sin tener que rediseñarlo para cumplir con las especificaciones de cada modelo. Ofrece también la posibilidad de generar reportes y gráficas de los resultados obtenidos. La aplicación funciona bajo un modelo cliente-servidor, y permite el acceso por medio de cuentas de usuario para realizar las evaluaciones, además de restringir las modificaciones solamente al administrador de la aplicación, de esta manera cualquier empleado puede realizar sus evaluaciones automatizadas sin posibilidad de modificar información a la que no tiene acceso.

Entre las ventajas que ofrece esta herramienta se encuentran la opción de realizar la evaluación de más de un modelo de procesos, y con más de un procedimiento de evaluación. También permite exportar los resultados de las

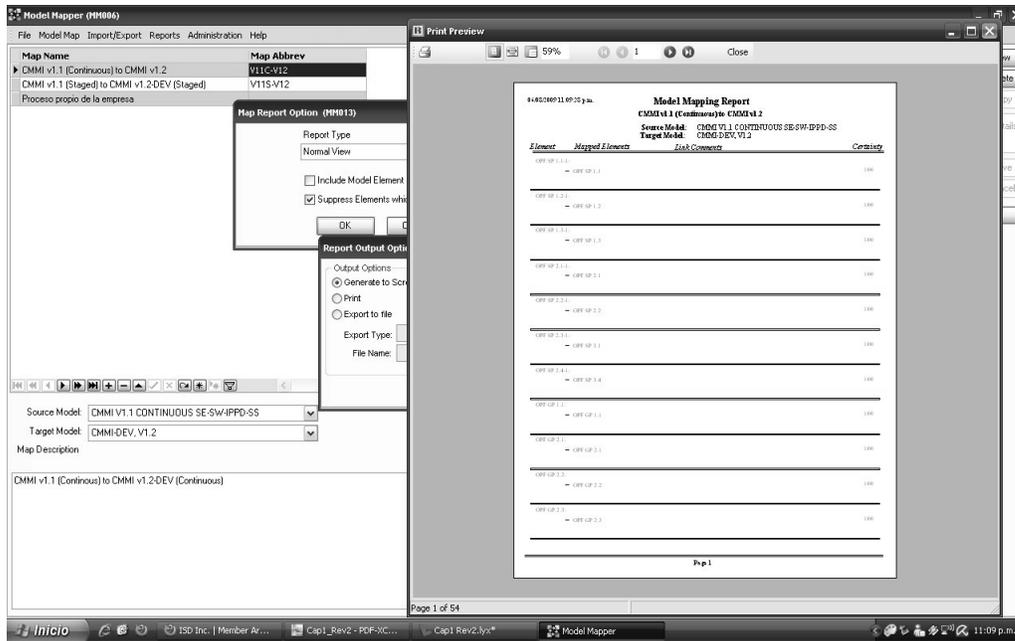


Figura 2.10: Interfaz de Model Mapper

evaluaciones en hojas de cálculo para trabajar posteriormente con ellos y permite realizar una evaluación completa o parcial de los procesos definidos en cada uno de los modelos con los que puede trabajar. Además ofrece un control muy amplio sobre todos los parámetros involucrados en el proceso de evaluación como los documentos consultados, los tiempos registrados para las tareas y los equipos que se definen para llevar a cabo las evaluaciones.

Entre sus principales desventajas se encuentran el hecho de que la herramienta está disponible solamente en inglés, además para usuarios sin experiencia en evaluaciones de procesos la interfaz puede parecer muy saturada (ver Figura 2.11) de elementos y no ser tan intuitivo el procedimiento para realizar las evaluaciones.

El precio de esta herramienta va desde US \$3195 por la versión sencilla hasta los US \$15,795 por el paquete que incluye la herramienta Model Wizard y licencias de uso adicionales, lo que restringe de manera importante la posibilidad de usarlo en PYMES, especialmente cuando apenas inician y cuentan con pocos recursos para invertir en la evaluación de sus procesos de desarrollo.

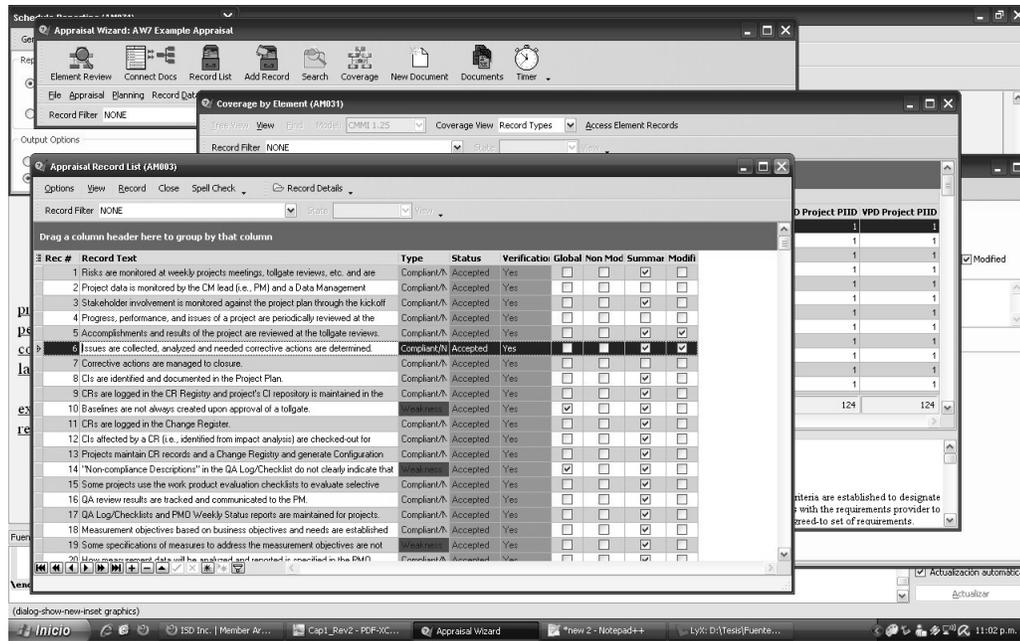


Figura 2.11: Interfaz de Appraisal Wizard para la evaluación

2.4.2. CMM-Quest

CMM-Quest [HM&S IT-Consulting GmbH, 2009a] es una herramienta automatizada que permite hacer evaluaciones de procesos basado en el modelo CMMI-Dev v1.2 [SEI, 2006]. Esta herramienta permite hacer evaluaciones parciales de cualquier proceso deseado, pudiendo agrupar estas evaluaciones por tipos de actividades, por categorías o realizar una evaluación de todos los procesos especificados por el estándar como se muestra en la Figura 2.12.

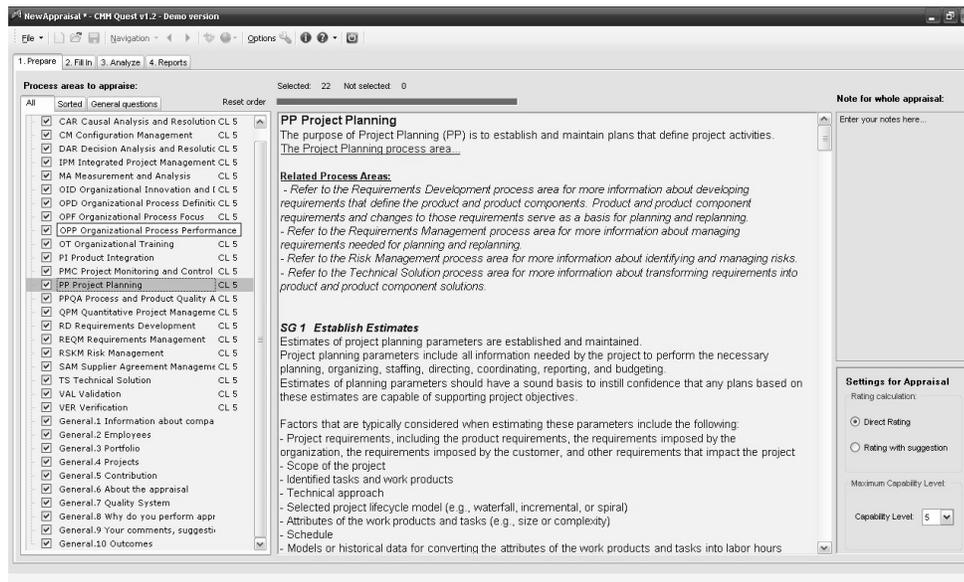


Figura 2.12: Selección de procesos a evaluar con CMM-Quest

El proceso consiste en evaluar cada actividad involucrada en los procesos que se desean evaluar. Para obtener una puntuación se le asigna a cada práctica un grado de cumplimiento de acuerdo al nivel en que esta práctica se lleva a cabo en la empresa. Para cada una de las prácticas es posible asignar un grado de cumplimiento en cada uno de

los niveles de madurez y capacidad establecidos por CMMI-Dev, así como también es posible evaluar las prácticas como “No muy claro”, “No aplicable”, o “No evaluable” si no es posible evaluar alguna práctica determinada (ver Figura 2.13).

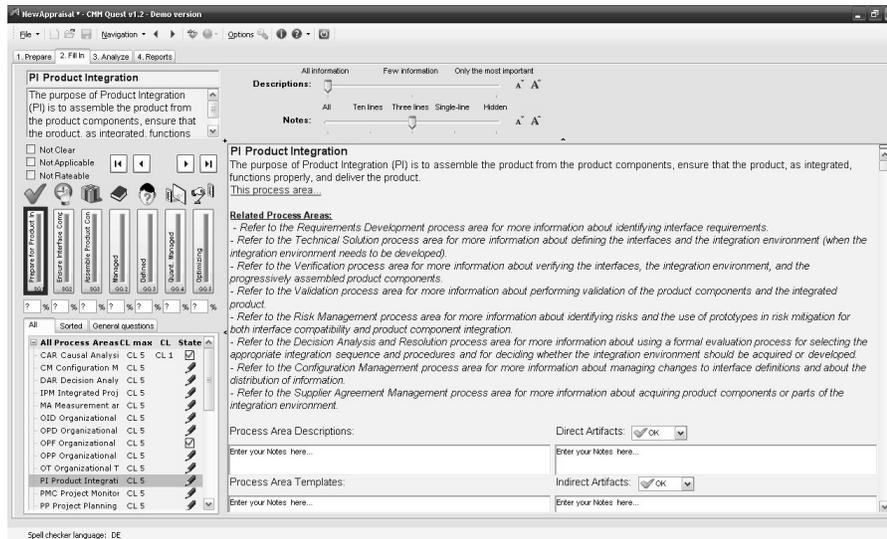


Figura 2.13: Evaluación de las prácticas en CMM-Quest

Además de realizar las evaluaciones la herramienta es capaz de generar gráficas y reportes de los resultados obtenidos en la evaluación y exportarlos a Microsoft Word, presentación de diapositivas o a formato html, lo que permite trabajar con los reportes obtenidos de acuerdo a las necesidades de la empresa (ver Figura 2.14).

Entre las principales ventajas de esta herramienta se incluyen el poder realizar una evaluación de todas las prácticas definidas por el modelo CMMI-Dev, además de que proporciona información sobre la situación actual de la empresa y los campos en los que es posible mejorar.

Entre las desventajas más importantes se encuentran el hecho de que la herramienta esta disponible solamente en idiomas inglés y alemán, y que solamente es posible realizar evaluaciones de los procesos basadas en el modelo CMMI-Dev. Además de esto CMM-Quest es una herramienta no libre y de paga y el precio por las licencias para su uso es de 5000 Euros por la versión personal y de 18000 Euros por la versión corporativa, por lo que es necesario hacer una inversión considerable si se desea adquirir la herramienta

2.4.3. SPICE 1-2-1

Spice 1-2-1 [HM&S IT-Consulting GmbH, 2009b] es el equivalente de CMM-Quest, pero para evaluaciones basadas en ISO/IEC 15504 (SPICE). Al igual que esta herramienta, Spice 1-2-1 permite hacer evaluaciones de todas las actividades incluidas en SPICE o solo de algunos procesos definidos por el usuario.

Para cada práctica a evaluar se asigna un porcentaje de acuerdo al grado de cumplimiento de la actividad en cada uno de los niveles de capacidad y para cada uno de los atributos de los procesos definidos por SPICE, con lo que cada práctica puede ser evaluada en un total de 9 categorías distintas (ver Figura 2.15).

Con Spice 1-2-1 también es posible generar reportes de los resultados de las evaluaciones, en los que se muestra gráficamente el desempeño en cada una de las prácticas así como también observaciones respecto a los procesos que no se realizan de manera adecuada. También ofrece la opción de exportar estos reportes ya sea a formato de Microsoft Word, como presentación de diapositivas o como un archivo html.

Desde la página Web de la herramienta es posible descargar un archivo de demostración que contiene evaluaciones de ejemplo y una breve descripción de las prácticas que se evalúan, para tener una referencia de las actividades que deben realizarse en cada proceso.

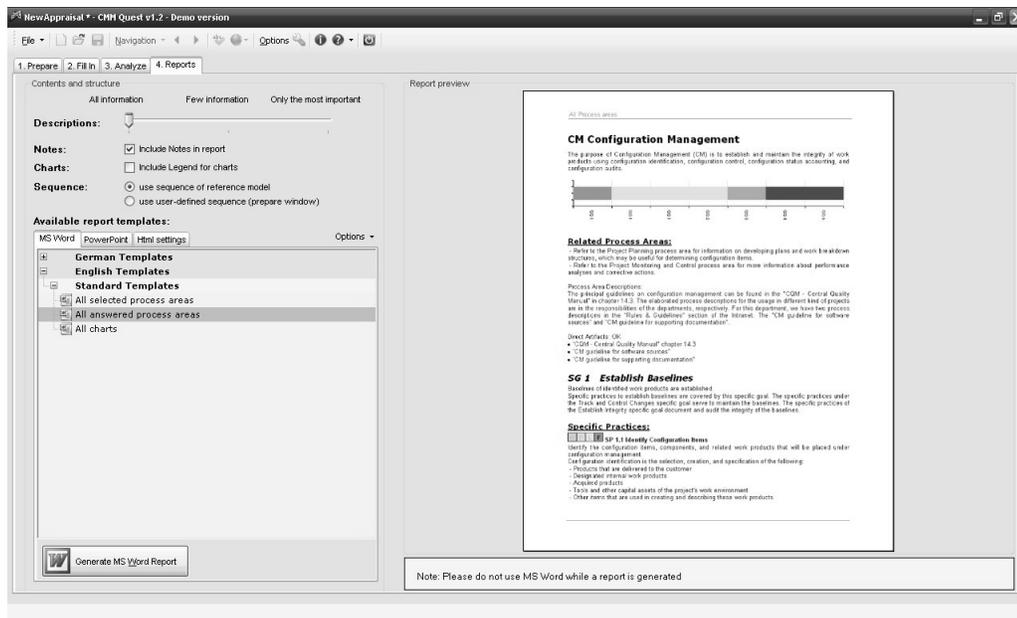


Figura 2.14: Generación de reportes de la evaluación realizada con CMM-Quest

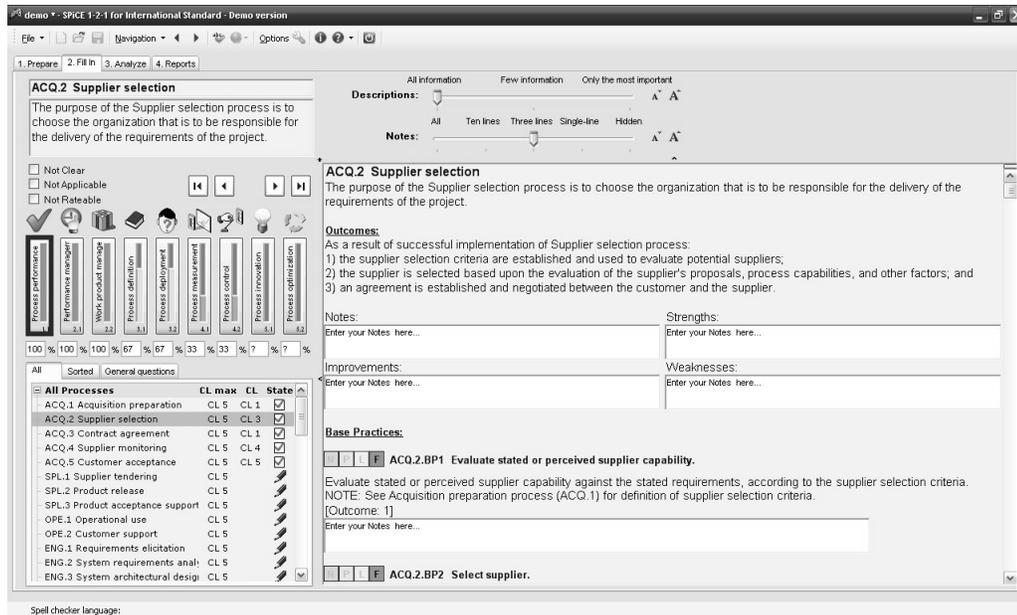


Figura 2.15: Evaluación de las prácticas establecidas en Spice 1-2-1

Entre las ventajas que ofrece esta herramienta se pueden mencionar al igual que con CMM-Quest, la opción de realizar una evaluación completa de las prácticas definidas en SPICE o solo de algunos procesos seleccionados por el usuario, la documentación con que cuenta la herramienta, que incluye explicación de todos los procesos, la inclusión de archivos de ejemplo de las evaluaciones, y la generación de reportes y de notas con respecto a los procesos que no se realizan de manera satisfactoria.

Las principales desventajas que solo es posible utilizarla para evaluaciones basadas en SPICE, la no disponibilidad de la herramienta en español y los precios para adquirir una licencia, que en este caso oscilan entre 1200 Euros por la versión personal y 12000 Euros por la versión corporativa, lo cual es una gran limitante para las empresas que tengan un presupuesto ajustado para invertir en la evaluación de sus procesos.

2.4.4. SysProVal

SysProVal es una herramienta basada en Web diseñada para automatizar los procesos de mejora en las empresas. Está enfocada para su uso en PYMES, pero puede ser utilizada por cualquier tipo de empresa. La principal ventaja en comparación con otras herramientas de evaluación es que ha sido diseñada para enfocarse en los procesos de desarrollo de las PYMES, basada en las prácticas del modelo CMMI-Dev [SEI, 2006] adaptadas para las PYMES, por lo que toma en consideración las necesidades de estas [García et al., 2010].

El mecanismo de evaluación de SysProVal contempla 3 factores claves que deben ser considerados en las evaluaciones por las empresas:

- Una escala de medición que consta de una serie de niveles de madurez y capacidad.
- Un criterio de evaluación contra esta escala que puede ser un modelo de madurez subyacente, un conjunto de normas o normas de la industria.
- Un mecanismo claro de representación de los resultados.

El método de evaluación utilizado por SysProVal es la evaluación basada en cuestionarios (QBA) por ser rentable, poder ser aplicado a muchas personas y proporcionar datos cuantitativos que pueden ser analizados rápidamente.

SysProVal consta de un administrador de SPI (SPI Manager) y proporciona herramientas para comparar las prácticas actuales de la organización con las prácticas de CMMI-Dev adaptadas para PYMES, realizar evaluaciones de procesos seleccionados y generar planes de mejora de los procesos.

La interfaz de usuario de SysProVal se divide en 3 componentes enfocados a los diferentes roles involucrados en la gestión de los procesos de desarrollo de la empresa:

- *Interfaz de la alta dirección:* Su objetivo es ofrecer apoyo en las actividades de SPI de manera integral, incluyendo orientación sobre como realizar las actividades de SPI, soporte para la comunicación entre los roles y el aprendizaje de las actividades a realizar. Desde esta interfaz se tiene acceso a las siguientes herramientas:
 - Navegador para selección de procesos: Permite seleccionar procesos para almacenarlos en el Repositorio de Procesos Organizacionales y asociarlo con las descripciones almacenadas en el componente de Prácticas Efectivas para las PYMES
 - Navegador de selección de roles: Permite escoger a los miembros de la alta dirección que serán evaluados, y definir si la evaluación será realizada por personal de la empresa o por un evaluador externo (ver Figura 2.16).
 - Interfaz de comunicación: Permite enviar mensajes de correo con enlaces hacia otras interfaces permitiendo la inclusión de objetos como pueden ser reportes, cuestionarios o asignaciones de roles y de tareas.
- *Interfaz de líder de proyectos:* Permite a los líderes de proyectos obtener información de las prácticas organizacionales de desarrollo software, y tener comprensión sobre lo que ocurre en los procesos (fortalezas y debilidades de los procesos). Las herramientas disponibles desde esta interfaz son:
 - Tutorial: Permite a los líderes de proyecto obtener información necesaria para el uso de las herramientas de SysProVal e información de los procedimientos de desempeño y evaluación.
 - Visualización: Proporciona herramientas para elaborar un nuevo proceso o reutilizar los procesos existentes en conformidad con las actividades de CMMI-Dev
 - Reporte del estado actual: Muestra el nivel de desempeño actual por categorías o de acuerdo a los procesos evaluados. Solo proporciona información de desempeño de los líderes de proyecto, la información de desempeño global puede ser vista solo desde la interfaz de la alta dirección.
- *Interfaz SysProVal:* Permite a la alta dirección formular las metas de las actividades de SPI y tener comprensión del progreso actual de las actividades de SPI en todos los proyectos de mejora. Las herramientas disponibles desde esta interfaz son las siguientes:



Figura 2.16: Pantalla para selección de roles de SysProVal

- Interfaz de cuestionarios: Guía a los líderes de proyectos para obtener información sobre su labor diaria. Utiliza los niveles de desempeño del mecanismo de dos fases desarrollado en [García et al., 2007].
- Interfaz del Plan de mejora: Permite generar planes de mejora para cada proyecto en desarrollo. Esta interfaz utiliza gestión del conocimiento mediante el uso de bases de datos para administrar tanto la información como las personas. (ver Figura 2.17).

El mecanismo de evaluación está basado en las 3 primeras fases del modelo IDEAL: Iniciación, Diagnóstico y Establecimiento del Plan [McFeeley, 1996], e implementa un mecanismo de búsqueda de esfuerzos en los procesos de mejora. Para implementar este mecanismo se realiza una evaluación basada en un cuestionario con 7 posibles respuestas, como los propuestos en [Cuevas et al., 2004, García et al., 2007] (ver Figura 2.18) y que permite realizar una evaluación del estado actual de los procesos de la empresa.



Figura 2.17: Generación de reportes en SysProVal

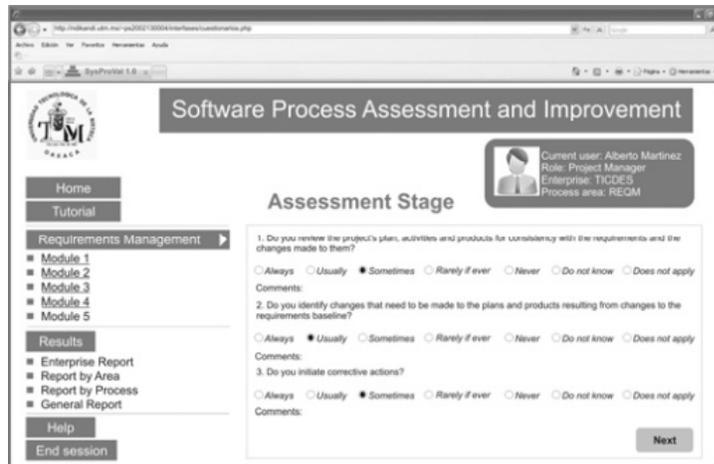


Figura 2.18: Evaluación mediante cuestionarios en SysProVal

Con la información obtenida de los cuestionarios, la herramienta proporciona una descripción detallada sobre la situación actual de los procesos en la empresa, incluyendo los aspectos que se necesita mejorar y sugerencias sobre los siguientes pasos a seguir, a lo que denominan el “paso de mejora” (improvement step). Esto se logra haciendo uso de la información almacenada en la base de datos, en un procedimiento al que se le puede llamar “búsqueda” (seek step) para lo cual el requerimiento preliminar en la administración mediante SysProVal es administrar la información obtenida en la interfaz de cuestionarios. Gracias a esto, los planes de mejora generados por SysProVal dependen de la situación actual de la empresa y de los pasos ideales a seguir para generar plan de mejora, por lo que los planes generados se adaptan a las necesidades específicas de la empresa dada su situación actual, y no solamente para coincidir con las siguientes etapas de acuerdo al modelo de mejora de procesos utilizado. Entre las principales ventajas de SysProVal se puede destacar que está herramienta ha sido desarrollada utilizando software libre, específicamente PHP para el diseño de la interfaz Web y MySQL como base de datos para el almacenamiento de la información, debido a esto se coloca como una opción asequible para las PYMES al no necesitar cubrir costos adicionales del licencias para su utilización. Además, su interfaz basada en web permite ser utilizada por cualquier empleado con acceso a la red local de la empresa lo que simplifica el proceso de instalación de la herramienta. Sin embargo, al depender de los resultados de los cuestionarios utilizados para las evaluaciones siguen estando presentes los riesgos en la manipulación de las evaluaciones mencionados en la Sección 1.2, sin embargo, es una de las opciones más viables para las PYMES por su facilidad de uso, de implantación en las empresas y porque proporciona ayuda para conocer no solo la situación actual de sus procesos, sino también para la elaboración e implantación de planes de mejora de acuerdo a sus necesidades específicas.

2.4.5. SelfVation

SelfVation [Garcia et al., 2010] es una herramienta basada en un enfoque RIA (Rich Internet Application) para evaluación de procesos y generación de planes de mejora del modelo MoProSoft, entre sus principales características se incluyen la posibilidad de mapear el proceso actual de la empresa contra el proceso ideal definido por el modelo, la evaluación mediante diagramas de los procesos realizados en las empresas (ver Figura 2.19) y aplicación de cuestionarios basados en el cuestionario desarrollado por [García et al., 2007] (ver Figura 2.20), y la generación de planes de acción y mejora basados en las evaluaciones realizadas. El enfoque de evaluación utilizado permite detectar inconsistencias en los procesos actuales de la organización y en los resultados obtenidos en la evaluación. Otra de las ventajas que ofrece esta herramienta es que gracias a su desarrollo basado en Web es posible realizar evaluaciones a distancia, por lo que no se requiere instalar la aplicación en todos los equipos y los empleados pueden ser evaluados en sus lugares de trabajo. Sin embargo, esta herramienta está enfocada solamente al modelo MoProSoft, y únicamente abarca las categorías de Alta Dirección y Operación del modelo. SelfVation es de las primeras herramientas en ofrecer un enfoque para detectar inconsistencias en las evaluaciones, sin embargo al igual que las demás herramientas analizadas, utiliza el enfoque tradicional en la aplicación de cuestionarios de evaluación.

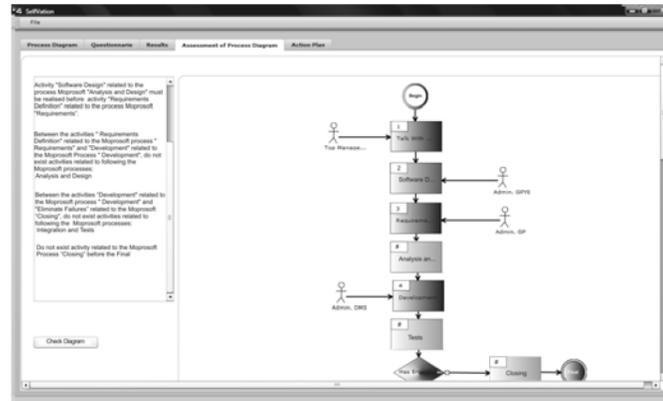


Figura 2.19: Mapeo de procesos mediante diagramas en SelfVation [Garcia et al., 2010, 33]

1. ¿Distribuyen las tareas a los miembros del equipo de trabajo según sus roles, de acuerdo al Plan de Desarrollo?	Siempre <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	A veces <input type="checkbox"/>	Rara vez <input type="checkbox"/>	Nunca <input type="checkbox"/>
2. ¿Obtienen requisitos y los documentan en una Especificación de Requisitos?	Siempre <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	A veces <input type="checkbox"/>	Rara vez <input type="checkbox"/>	Nunca <input type="checkbox"/>
3. ¿Verifican y Validan la Especificación de Requisitos, generando Reporte Verificación y Reporte de Validación?	Siempre <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	A veces <input type="checkbox"/>	Rara vez <input type="checkbox"/>	Nunca <input type="checkbox"/>
4. ¿Elaboran un Plan de Pruebas del Sistema?	Siempre <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	A veces <input type="checkbox"/>	Rara vez <input type="checkbox"/>	Nunca <input type="checkbox"/>
5. ¿Verifican el Plan de Pruebas del Sistema, generando un Reporte de Verificación?	Siempre <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	A veces <input type="checkbox"/>	Rara vez <input type="checkbox"/>	Nunca <input type="checkbox"/>
6. ¿Incorporan la Especificación de Requisitos y Plan de Pruebas del Sistema como líneas base a la Configuración de Software?	Siempre <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	A veces <input type="checkbox"/>	Rara vez <input type="checkbox"/>	Nunca <input type="checkbox"/>
7. ¿Elaboran un Reporte de Actividades correspondiente a esta fase?	Siempre <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	A veces <input type="checkbox"/>	Rara vez <input type="checkbox"/>	Nunca <input type="checkbox"/>

Figura 2.20: Cuestionario de la Fase de Requisitos en SelfVation

2.5. Comparación de las herramientas analizadas

En la Tabla 2.11 se muestra el resumen de las características relacionadas con el manejo de la información de las evaluaciones en las herramientas analizadas, mostrando que en todas ellas se proporcionan características útiles como configurar el tipo de evaluación, almacenar y comparar los resultados, y exportar la información a distintos formatos. Sin embargo, los métodos de evaluación utilizados en todas las herramientas corren el riesgo de ser manipulados por el personal evaluado, como puede ser falseando las respuestas en los cuestionarios, asignando porcentajes incorrectos en las actividades realizadas o registrando documentos que no sean generados en los procesos de la organización, SelfVation es la única herramienta que incluye un enfoque de evaluación que permita detectar inconsistencias, sin embargo los cuestionarios utilizados por dicha herramienta aún corren el riesgo de ser falseados o adivinados en sus respuestas. Por esta razón las evaluaciones realizadas con las herramientas analizadas puede no ser confiable y se requiere trabajo extra de los evaluadores para determinar la veracidad de las respuestas.

Tabla 2.11: Tabla comparativa de las herramientas analizadas

	Appraisal Wizard	CMM-Quest	Spice 1-2-1	SysProVal	SelfVation
Modelos evaluados	Permite elegir varios modelos	CMMI-Dev1.2	ISO/IEC15504	CMMI-Dev1.2	MoProSoft
Permite elegir alcance de la evaluación	Sí	Sí	Sí	Sí	Si
Permite generar reportes de resultados	Sí	Sí	Sí	Sí	Si
Permite exportar reportes a otros formatos	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Permite comparar resultados de evaluaciones anteriores	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Método de evaluación	Registro de los documentos que se obtienen en las actividades	Asignación de porcentaje de cumplimiento de las actividades	Asignación de porcentaje de cumplimiento de las actividades	Cuestionarios de 5 opciones por pregunta	Mapeo mediante diagramas y cuestionarios de 5 opciones por pregunta

Capítulo 3

Teoría Psicométrica

La psicología, comparada con otras ciencias, es relativamente nueva, estableciéndose los primeros trabajos a finales del siglo XIX, y la psicometría es una de las ramas que más ha contribuido para hacer de la psicología una ciencia [Cortada de Kohan, 2001b]. A pesar de esto, la psicología tuvo un importante avance sobre todo durante el siglo XX para formalizar sus métodos y conocimientos de manera formal, factor por el que muchos consideraban poco fiables los tests psicológicos y sus interpretaciones. En los últimos años, sin embargo, se han desarrollado una importante cantidad de tests que aplican técnicas rigurosas estadísticas para la evaluación e interpretación de los resultados, como la Escala de Inteligencia para Adultos de Wechsler (WAIS) y su contraparte para niños (WISC), el Test de Matrices Progresivas de Raven y demás.

En este capítulo se describen las principales características de la teoría psicométrica y de los tests psicométricos, considerando la relevancia para su aplicación en la elaboración de tests de evaluación del Proceso Software.

3.1. Introducción

La psicología es la ciencia que se encarga de medir los atributos o características psicológicas del ser humano. Sin embargo, uno de los principales obstáculos que ha tenido que superar es el problema de formalizar las mediciones de las características analizadas. La rama de la psicología que se encarga de formalizar estas mediciones es la psicometría, cuyo objetivo es aportar soluciones al problema de la medida en cualquier proceso de investigación psicológica [Aliaga, 2006].

La perspectiva teórica de la psicometría incluye las teorías que tratan de la medida en psicología, encargándose de describirlas, categorizarlas, evaluar su utilidad y precisión.

La perspectiva práctica se ocupa de aportar instrumentos adecuados para conseguir buenas medidas y de los usos que se les pueden dar a estas medidas. Estos instrumentos son los tests psicométricos.

Además la psicometría se distingue por el uso del lenguaje formal y estructurado de las matemáticas.

3.2. La medición en Psicología

Según [Nunnally, 1995] la medición consiste en un conjunto de reglas para la asignación de números a objetos en tal forma que representen cantidades de atributos. En psicología, medir es dar la magnitud de cierta propiedad o atributo, como la inteligencia, la extraversión, el razonamiento verbal con ayuda del sistema numérico.

De acuerdo a [Martínez, 1995], la naturaleza de la psicología genera una serie de dificultades para el desarrollo de instrumentos científicos de medición como pueden ser:

- Un mismo constructo¹ psicológico puede ser definido de manera diferente, por lo cual distintos procedimientos de medida pueden conducir a inferencias disímiles en relación a aquel.

¹Un constructo se define como un concepto científico que no tiene una existencia concreta similar a las entidades físicas que se prestan a la observación sensible y empírica. Ejemplos de estos son depresión, estrés, inteligencia y aprendizaje entre otros. [Cortada de Kohan, 2001a]

- Es difícil determinar las características de una muestra de elementos (ítems) de un test para que sea representativa, en cuanto a extensión y variedad de contenidos, del dominio o constructo que se quiere medir.
- Como consecuencia de lo expresado en los puntos anteriores siempre existen errores en las medidas.
- Las escalas de medición usadas en psicología carecen, casi siempre, de cero absoluto y de unidades de medidas constantes.

Si bien las evaluaciones en psicología presentan deficiencias en cuanto a la objetividad de los criterios empleados para las mediciones y de los valores asignados a las características evaluadas, el nivel de precisión alcanzado por la medición en psicología permite exhibir algunas ventajas respecto a la observación no formal del comportamiento. Algunas de estas ventajas según [Tornimbeni et al., 2008] son:

- La objetividad, que implica que una afirmación fáctica es posible de verificar por otros científicos de manera independiente.
- La posibilidad de la medición de las variables facilita el desarrollo de investigaciones. Los avances en las ciencias en general, y en la psicología en particular, se relacionan con los adelantos en los métodos de medición.
- Los índices numéricos utilizados por los tests permiten comunicar los resultados de una evaluación con mayor precisión. De este modo los tests proporcionan discriminaciones más sutiles que la clasificación intuitiva que un evaluador pudiera hacer como "brillante", "promedio" o "debajo del promedio" por ejemplo.
- El desarrollo de tests es un proceso complejo, pero el resultado final es un procedimiento estandarizado más sencillo y breve que la observación.

Además de las ventajas antes mencionadas, el uso de las computadoras permite agilizar los procedimientos de elaboración, aplicación y evaluación de tests. Esto es especialmente benéfico cuando los tests deben de ser aplicados a una gran cantidad de personas como es el caso de las empresas, donde por lo general se cuenta con un numeroso grupo de empleados, y la aplicación de tests de evaluación de forma manual pueden tomar mucho tiempo.

3.3. El Test Psicométrico

Los test psicométricos deben seguir un procedimiento riguroso para cumplir con los objetivos para los que fueron elaborados, tanto para la evaluación como para la interpretación de sus resultados.

Según la definición de Cortada de Kohan en [Cortada de Kohan, 1999], un test psicométrico es un instrumento psicológico de medición, y un procedimiento sistemático y tipificado en el cual una persona examinada se enfrenta con un conjunto de estímulos a los cuales deben responder. Las respuestas a estos estímulos de muestra elegidos permitirán asignar al examinado un número o un conjunto de valores numéricos a partir de los cuales se pueden establecer inferencias acerca del grado en el que el examinado posee tal o cual conocimiento, que supone que el test mide.

Existen varias características importantes que deben cumplir los test psicométricos, esto se debe a la dificultad para determinar la validez de las mediciones efectuadas en la psicología, por lo que mientras mejor se cumpla con estas características, más confiables serán los resultados obtenidos al aplicar dichos tests.

3.3.1. Requisitos de un test psicométrico

Para que un test sea considerado psicométrico debe cumplir con los siguientes requisitos de acuerdo a [Aliaga, 2006]:

- El contenido y la dificultad de los ítems están sistemáticamente controlados (construcción del test).
 - La situación de aplicación del test debe estar bien definida y debe ser reproducida idénticamente para todos los sujetos examinados con el test.
 - El registro del comportamiento provocado en el sujeto debe ser preciso y objetivo. Las condiciones de como hacer este registro deben estar bien definidas y deben ser cumplidas rigurosamente
-

- El comportamiento registrado debe ser evaluado estadísticamente con respecto a un grupo de individuos llamado **grupo de referencia o normativo**.
- Los sujetos examinados son clasificados en función de normas resultantes del examen previo del grupo de referencia o normativo (baremo), lo que permite situar cada una de las respuestas en una distribución estadística (contraste).
- Las respuestas a las cuestiones planteadas dan una medida correcta del comportamiento al que el test apunta (validez).
- Si las condiciones no cambian, la repetición del examen deben conducir siempre al mismo resultado, o a otro muy próximo (fiabilidad).

3.3.2. Estandarización

Según [Cronbach, 1972], se llama así al proceso mediante el cual se establecen procedimientos unívocos para la aplicación, calificación e interpretación de un test psicométrico.

Si las condiciones de administración y calificación del test psicométrico están bien definidas y su utilización es idéntica en todos los sujetos examinados, entonces el aspecto más importante que queda por resolver es la interpretación de las puntuaciones logradas por los sujetos evaluados. Esta interpretación se realiza comparando el puntaje obtenido por el sujeto con las puntuaciones contenidas en el baremo o tablas de normas.

3.3.3. Interpretación de los puntajes de un test psicométrico estandarizado

Los números obtenidos de la medición de un atributo realizada con un test psicométrico se denominan puntajes o calificaciones directas. Estos puntajes por sí mismos no tienen un significado preciso, adquieren un significado psicométrico cuando se les compara con una tabla de normas o baremo, que ha sido previamente construida con las puntuaciones obtenidas en el test por un grupo de sujetos llamado grupo normativo.

Los puntajes directos pueden transformarse en distintos tipos de puntajes derivados o unidades de medición que se presentan en las tablas de normas o baremos.

Un baremo es una tabla que sistematiza las normas (afirmación estadística del desempeño del grupo normativo en el test psicométrico) que transforman los puntajes directos en puntajes derivados que son interpretables estadísticamente, como pueden ser:

1. Percentiles.- Puntaje derivado que transforma el puntaje directo en una escala del 1 al 100, llamándose cada uno de los puntos un centil. Un examinado que obtiene un puntaje directo equivalente al percentil 80, se dice que supera al 80 % del grupo normativo en el aspecto evaluado.
2. Puntajes estándar.- Son aquellos que tienen como unidad a fracciones de la desviación estándar, como por ejemplo el puntaje CI (Coeficiente Intelectual). Es un puntaje derivado de la edad mental.

3.3.4. Clasificación de los test psicométricos.

En la Tabla 3.1 se muestran algunos de los principales criterios de clasificación de los test psicométricos [Aliaga, 2006]:

Tabla 3.1: Criterios de clasificación de los test psicométricos

Criterio	Clasificación
Por su forma de dar las instrucciones	Orales Escritos
Por su administración	Individual Colectiva Autoadministrada
Por la forma o tipo de respuesta que exigen	Objetivas Subjetivas
Por el material de la prueba	Lápiz y papel Verbal completamente De ejecución (material, manual, visomotor) De aparatos especiales Combinación de los tres primeros
Por su forma de calificación	Manual Electrónica
Por sus edades límites de aplicación	Pruebas para infantes Pruebas para preescolares Pruebas para escolares Pruebas para adolescentes Pruebas para adultos
Por su libertad de ejecución	Pruebas de poder (power test) Pruebas de rapidez (speedy test)

En los últimos años, en los test psicométricos utilizados en educación ha aparecido un tipo de test denominado *Test Relacionado con los Criterios*, que difieren de otros en que utilizan el concepto de norma fundamentado en la distribución normal o curva de Gauss. En estos tests el examinador fija el puntaje que determinará a los aprobados de los no aprobados en un examen. Por ejemplo, puede fijar que de 20 preguntas presentadas será aprobado el alumno que responda correctamente a 18 de las preguntas.

3.3.5. Limitaciones de los test psicométricos

Un test psicométrico puede presentar las siguientes limitaciones en su uso:

1. Una prueba o test debe emplearse solamente para apreciar los aspectos para los cuales se ha elaborado.
2. Las normas (baremo) de una prueba no tienen validez universal. Sólo son válidas si los individuos que toman el test poseen características similares a las de los sujetos que formaron la muestra que sirvió para obtener dichas normas.
3. Se deben construir normas para los grupos en los que se usará el test, si esos grupos difieren de aquellos en los cuales se hicieron los baremos que aparecen en el manual de la prueba.
4. Un test aprecia la función de medida tal como se dan en el individuo en el momento de aplicación de la prueba. Si las condiciones que influyen sobre el individuo se modifican, existe la posibilidad de que tales cambios influyan en los puntajes resultantes del test.
5. Los resultados de un test no deben emplearse para diagnosticar por sí mismo estados patológicos. Deben considerarse como elementos de información que juiciosamente analizados e integrados con otros elementos de información ayudarán al diagnóstico.

6. Categorías descriptivas (como inteligencia muy superior), sólo deben utilizarse para los tests cuyos puntajes les dieron origen. Por ejemplo la tabla de categorías del WAIS sólo debe ser utilizada con este test y no con otro [Anastasi, 1986].

3.3.6. Secciones o partes de un test psicométrico

Un test psicométrico tiene generalmente las siguientes partes:

1. El test propiamente dicho
2. El manual del test. Documento que tiene los siguientes capítulos o partes:
 - a) Exposición de los objetivos de la prueba (que mide).
 - b) Descripción de las características estructurales del test.
 - c) Información acerca del proceso de estandarización o tipificación.
 - d) Instrucciones generales sobre la manera de aplicar o administrar la prueba y del tipo de población en la cual es aplicable.
 - e) Descripción del material del examen propiamente dicho a las instrucciones detalladas para la aplicación del test o cada uno de los subtests.
 - f) Instrucciones para las valoraciones (calificación) de las respuestas obtenidas en cada uno de los subtests.
 - g) Información estadística y psicométrica acerca de las propiedades de la prueba como instrumento de medida.
 - h) Tablas de normas o baremos con los puntajes directos y convertidos para los diferentes grupos de edades y poblaciones. Los puntajes convertidos son usualmente los percentiles y los puntajes estándar.

3.3.7. Cualidades que debe tener un test psicométrico

3.3.7.1. Confiabilidad

La confiabilidad (o consistencia) de un test es la precisión con que el test mide lo que mide en una población determinada y en las condiciones normales de aplicación [Anastasi, 1986, Aiken, 1996].

Un procedimiento de medición es confiable en la medida en que la repetición de la medición produce resultados coherentes para el individuo, en el sentido de que su resultado permanece sustancialmente el mismo cuando se repite la aplicación o que este no varía de manera considerable en el tiempo.

La falta de confiabilidad de un test psicométrico está en relación con la intervención del error. Se considera error a cualquier efecto irrelevante para los fines o resultados de la medición que influye sobre la falta de confiabilidad de tal medición. Existen 2 tipos de error:

- Error constante (sistemático).- Se produce cuando las mediciones que se obtienen con una escala son sistemáticamente mayores o menores a lo que realmente deben ser. Las variaciones en los resultados por este tipo de error son esperadas, ya que dependen de factores que están directamente asociados a la aplicación del test. Las principales fuentes de variación sistemática en los puntajes de una evaluación son:
 1. El nivel de aptitud del individuo en uno o más rasgos que operan en una gran cantidad de tests.
 2. Habilidades generales y técnicas para tomar tests
 3. Aptitud general para comprender las instrucciones.
 - Error causal (al azar o sistemático).- Se produce cuando las medidas son alternativamente mayores o menores de lo que realmente deben ser. Este tipo de error interviene cuando se afecta la confiabilidad de un test psicométrico. Este tipo de error está relacionado con la salud, fatiga, fluctuaciones de la memoria, distracciones o condiciones externas que presenta el examinado al momento de presentar el test.
-

3.3.7.2. Factores que afectan la confiabilidad

Con el fin de mejorar la confiabilidad de los tests, [Cortada de Kohan, 1999] recomienda una serie de principios a tomar en cuenta durante la elaboración de un tests de evaluación:

1. Cuanto mayor sea la cantidad de ítems, más elevada será la confiabilidad del test.
2. Cuanto más extenso sea el tiempo empleado en la aplicación del test, mayor será la confiabilidad.
3. Cuanto menor sea la amplitud de la dificultad de los ítems, mayor será la confiabilidad.
4. La independencia de los ítems baja la confiabilidad (a mayor interrelación entre los ítems mayor será la confiabilidad).
5. Cuanto más objetivo sea el sistema adoptado para llegar al puntaje más confiable será el test.
6. Cuanto más alta sea la posibilidad de obtener una respuesta correcta al azar, más baja será la confiabilidad del test.
7. Cuanto más acostumbrada esté la muestra de sujetos a tomar tests, más confiable será el test.
8. Las preguntas de contenido emocional bajan la confiabilidad de un test.
9. La falta de motivación o mala interpretación de las instrucciones del test disminuyen la confiabilidad.

Adicionalmente [Tornimbeni et al., 2008] recomienda tomar en cuenta los siguientes factores que pueden afectar la confiabilidad de los tests de evaluación:

- Contenido del test.- Es esencial que los ítems de un test estén fuertemente relacionados, de otro modo se introducirían inconsistencias entre las diferentes partes del test, y por consiguiente, habría fuentes de error en la medición de los puntajes. En general un número mayor de ítems del mismo tipo dará como resultado puntajes más confiables. Sin embargo, aumentar el número de ítems de un test indefinidamente no es la única manera de mejorar la confiabilidad de un test. La confiabilidad se relaciona también con la intercorrelación de los ítems, observándose aún en el caso de pocos ítems, que la confiabilidad es mayor cuánto mayor sea la intercorrelación de los mismos. En este sentido, la calidad de los ítems es un factor más importante que la mera cantidad, y deben evitarse los ítems redundantes.
- Opciones de respuesta.- Algunos ítems no requieren que la persona reconozca la respuesta correcta. Es el caso de los ítems que se usan en las pruebas de opción múltiple. Siempre que un ítem suponga reconocimiento de una o más respuestas correctas, la posibilidad de adivinación desempeña un papel en los puntajes obtenidos en el test. Esta posibilidad está inversamente relacionada con el número de respuestas alternativas para cada ítem; así por ejemplo en un ítem dicotómico (verdadero-falso, correcto-incorrecto) hay una posibilidad del 50% de obtener una respuesta correcta por mera adivinación. Por el contrario, en un test de opción múltiple, con varias respuestas posibles para cada ítem, se podría identificar muy pocas respuestas correctas obtenidas exclusivamente por azar.
- Calificación.- En el momento de calificar (puntuar) un test existen otros factores que pueden influir negativamente en la confiabilidad de las puntuaciones obtenidas. En los tests de opción múltiple pueden cometerse errores cuando la corrección es manual, tales como calificar accidentalmente algunas respuestas correctas como erróneas y viceversa, o realizar mal la sumatoria de las respuestas clave o correctas. Esta posibilidad prácticamente se elimina en los tests computarizados. No obstante, una de las fuentes principales de no-confiabilidad es que los evaluadores utilicen criterios distintos de evaluación. Un criterio usual y simple es clasificar cada respuesta como correcta o incorrecta y obtener la calificación como el número de respuestas correctas transformada en la escala vigente de calificaciones; por ejemplo, si la prueba consiste de veinte ítems y la escala de calificaciones es de 0 a 10, al alumno que tiene 14 respuestas correctas se lo califica con 7. Este criterio otorga a cada ítem el mismo peso: todos valen igual. Pero si las preguntas tienen distintos grados de dificultad, el profesor puede considerar razonable asignarles puntajes diferentes; y darles más peso en el puntaje total a algunos ítems que a otros. Los profesores suelen asignar estos pesos con un criterio que depende fundamentalmente de su experiencia, por cierto valiosa, pero no totalmente objetiva.

- Interpretación de los resultados obtenidos.- En un test es importante considerar la calificación mínima necesaria para considerarlo como aprobado. La posibilidad de obtener respuestas correctas al azar juega un papel importante en la determinación de la puntuación final. Por ejemplo si en un test cada pregunta tiene 5 alternativas, la probabilidad de obtener una respuesta correcta adivinando para cada pregunta es de 0.20. Si el test consta de 100 preguntas, en promedio un total de $0.20 \cdot 100 = 20$ preguntas que pueden ser adivinadas. Este valor establece un mínimo puntaje a considerar para dar por aprobado un test.
- Nivel de dificultad.- El nivel de dificultad p para un ítem está definido como el número de personas que contestan correctamente ese ítem con respecto al total de evaluados que responden el ítem. Los ítems que tienen un alto valor p se consideran como ítems fáciles, y los que tienen un valor bajo como ítems difíciles. Este valor proporciona información muy útil en el diseño de los tests de evaluación. Ítems que tienen un valor p de 1.0 o 0.0 no son útiles ya que no proporcionan diferenciación entre individuos. Esto es, si todos obtienen respuesta correcta en un ítem, implica lo mismo que agregar una constante con valor 1 a la puntuación total. Si todos fallan en responder un ítem, se agrega una constante con valor de 0 a la puntuación final. Ítems con valor p de 0.5 (esto es que son respondidos correctamente por el 50 % del grupo de evaluación) proporcionan el nivel más alto de diferenciación

3.3.7.3. Validez

En términos estadísticos la validez se define como la proporción de la varianza verdadera que es relevante para los fines del examen. Con el término relevante nos referimos a lo que es atribuible a la variable, características o dimensión que mide la prueba. Generalmente la validez de un test se define ya sea por medio de la relación de sus puntuaciones con alguna medida de criterio externo, o bien la extensión con la que la prueba mide un rasgo subyacente específico hipotético o constructo.

Un índice de validez indica el grado en que un test mide lo que se propone medir cuando se le compara con un criterio aceptado. La construcción y empleo de un test implica que el instrumento ha sido evaluado frente a normas aceptadas o a otros criterios que los expertos consideran son la mejor evidencia sobre las cualidades que quiere medir, aptitudes, desempeño o rendimiento [Cortada de Kohan, 1999].

La primera condición necesaria para que un test sea válido es que posea un grado adecuado de confiabilidad, por lo que es necesario que la confiabilidad como se definió anteriormente sea determinada para evaluar la validez de un test.

De acuerdo a las definiciones modernas, lo que se valida no es la prueba, si no las inferencias hechas a partir de la misma, lo que tiene dos consecuencias importantes: a) el responsable de la validez de una prueba no es solo su constructor sino también el usuario, y b) la validez de una prueba no se establece de una vez por todas, sino que es el resultado del acopio de evidencias y supuestos teóricos que se dan en un proceso evolutivo y continuo que comprende todas las cuestiones por medio de las cuales se evalúan las hipótesis y teorías científicas [Messick, 1995].

En este contexto, el concepto de validez se refiere a la adecuación, significado y utilidad de las inferencias específicas hechas con las puntuaciones de los tests. La validación es el proceso de acumular evidencias para apoyar tales inferencias.

Sin embargo, es importante resaltar que la validez de un test no es única, para poder determinar si un test es válido, debemos hacernos primero la pregunta ¿para qué es válido?, derivado de esto existen distintos tipos de validez:

- Validez predictiva.- La validez predictiva se refiere a la relación de los puntajes del test con la medida de un criterio basado en el desempeño algún tiempo después, y es muy usada en los tests de aptitudes. Este es el tipo de validez más exigente ya que se requiere siempre un criterio externo, el test y una muestra en donde aplicarlo. La validez predictiva se modifica si hay un cambio en el criterio y en la muestra. Se debe tener cuidado con la validez predictiva ya que algunos tests pueden ser descriptivos para determinados ámbitos de una función o aptitud, pero no para toda su amplitud. Por ejemplo un determinado test aplicado en alumnos puede discriminar para los muy buenos, pero no establecer diferencia entre los medianos y los malos. Esto puede ser importante para aplicar criterios de selección. Si se desea elegir entre las personas más sobresalientes, un test debe poder discriminar entre los muy buenos, pero no es necesario que establezca mayor diferencia entre los medianos y los malos. Por otro lado, si se trata de un test de admisión, se necesita un test que pueda discriminar a las personas que sean calificadas como incapaces, pero no es necesario que haga distinción alguna de entre los buenos y sobresalientes.

- Validez de contenido.- La validez de contenido se determina examinando el contenido del test y juzgando el grado en que mide verdaderamente los objetivos importantes y que constituyen una muestra verdaderamente representativa de la materia de instrucción en sus aspectos esenciales. Esta validez se usa para los tests de rendimiento escolar. El criterio no es externo, sino que el autor o autores de la materia a su propio juicio o con el criterio de otros expertos han determinado de antemano el contenido mediante un análisis de la materia. Es conveniente la consulta de cuantos más y mejores expertos en la especialidad sea posible para no caer en arbitrariedades. Así por ejemplo para construir un test de historia se deben consultar expertos autorizados y recabar opiniones de profesores de distintos niveles para determinar cuales son los puntos de coincidencia en los que sin polémica está el contenido fundamental de la asignatura y de acuerdo a eso construir la tabla de especificaciones y apegarse a ella.
- Validez concurrente.- Se refiere a la relación de los puntajes del test con un criterio aceptado del desempeño de la variable que el test se propone medir. Trata acerca de la verificación de validez de un test mediante la correlación con otro, que se supone mide las mismas funciones y ya tiene a su vez una validez reconocida. Su valor es muy relativo ya que se trata de un criterio externo.

3.4. La escala Likert

La escala Likert es una escala psicométrica unidimensional utilizada en cuestionarios de evaluación. Fue desarrollada por Rensis Likert entre 1946 y 1970 como una solución al problema de las mediciones psicológicas [Uebersax, 2006]. La escala Likert fue desarrollada como un método que produjera mediciones sobre atributos de manera que estas fueran razonablemente interpretadas como mediciones en una escala métrica apropiada, de la misma forma como consideramos los centímetros o los grados Celsius verdaderas escalas de medición.

En el método de evaluación por medio de una escala Likert, la evaluación de una persona se realiza combinando (por adición o por promedio) sus respuestas a todos los ítems.

Las características que definen una escala Likert son las siguientes:

1. La escala contiene varios ítems, llamados ítems Likert.
2. Los distintos niveles de respuestas están arreglados de manera horizontal
3. Los distintos niveles de respuestas están asociados con números enteros consecutivos.
4. Los niveles de respuesta también suelen estar asociados con etiquetas verbales que denotan graduaciones de menor a mayor con separaciones de igual valor.
5. Las etiquetas son bivalentes y simétricas respecto a un punto medio neutral, y
6. En el método de evaluación de Likert, las escalas siembre miden los atributos en términos de niveles de acuerdo/desacuerdo acerca de una situación objetivo.

El punto 5 implica que existe un número impar de niveles de respuesta, generalmente 5, pero pueden variar y por lo general se usan escalas de 5, 7, 9 u 11 niveles de respuesta.

Solamente si cumple con todos los puntos mencionados una escala puede considerarse genuinamente como una escala Likert.

Es importante diferenciar entre una escala Likert y un ítem Likert. Una escala Likert es la suma de varios ítems Likert. Debido a que generalmente los ítems Likert van acompañados de una ayuda visual (por ejemplo una línea horizontal sobre la cual el sujeto indica su respuesta marcando casillas o indicando su respuesta de acuerdo a un valor) suele llamársele a los ítems escalas por si mismos, lo que deriva la confusión que generalmente se presenta con las escalas Likert.

Un ítem Likert es una pregunta simple, la cual se apega a ciertos requerimientos de algún formato establecido, generalmente lo que se mide es el grado de acuerdo o desacuerdo con el contenido de la pregunta. Por lo general se usan cinco niveles de respuesta, si bien no es obligatorio usar esa cantidad de opciones, un estudio presentado en [Dawes, 2008] muestra que una escala de 5 o 7 respuestas produce puntuaciones ligeramente mayores respecto a la máxima puntuación alcanzable, comparado con escalas utilizando 10 opciones de respuestas.

Por lo general los ítems suelen venir acompañados de una ayuda visual que hace referencia a los niveles de la respuesta, como puede ser una numeración para indicar la respuesta que implica un mayor/menor grado de acuerdo con la pregunta realizada

En la Figura 3.1 se muestra la estructura básica de un ítem Likert, donde se muestran los niveles impares de respuesta para una pregunta determinada, además claramente se ve de las respuestas que estas están evaluadas con respecto a un nivel de acuerdo/desacuerdo con la pregunta planteada.

¿Le parece útil este cuestionario?

Nada útil 1 2 3 4 5 6 7 Totalmente útil

Figura 3.1: Formato de un ítem Likert

3.5. Ventajas y desventajas de los tests de opción múltiple

En la Sección 2.3.1 se establecieron las ventajas y desventajas de usar un cuestionario de preguntas cerradas contra uno de preguntas abiertas. Desde el punto de vista de la teoría psicométrica también existen ventajas y desventajas en la aplicación de tests de opción múltiple (preguntas cerradas) contra un examen escrito o test tradicional (preguntas abiertas) [Cortada de Kohan, 1999]:

1. Las preguntas de un examen escrito exigen que los examinados planteen sus propias respuestas. Un ítem de un test objetivo exige, por otra parte, que elija entre varias alternativas predeterminadas. Muchas veces se sugiere que los tests objetivos son más superficiales que los escritos por que al presentarse las posibles respuestas se facilita la respuesta. Pero los ítems bien contruidos exigen que los examinados desarrollen modos de pensar originales para poder establecer la base de elección de las alternativas.
2. Un examen escrito consiste solo en algunas pocas preguntas generales que requieren respuestas extensas. Un test objetivo consiste en muchas preguntas, bastante específicas que requieren respuestas breves. Las preguntas relativamente amplias tienen la ventaja de exigir mayor integración y organización del conocimiento que cada una de las breves preguntas específicas de un test objetivo. Pero la cantidad mucho mayor de preguntas de los test objetivos le proporciona mayor ventaja como muestras confiables en un área de aprendizaje.
3. Los alumnos pasan la mayoría del tiempo pensando y escribiendo en una prueba escrita y pensando y leyendo en un test objetivo. Una persona cualquiera suele leer al menos diez veces más rápido de lo que puede escribir, de modo que si las preguntas de un test objetivo suponen las mismas palabras que las respuestas de una prueba escrita, una persona puede pasar mucha mayor proporción de su tiempo al tomar un test objetivo pensando, que al dar una prueba escrita.
4. La calidad de un test objetivo está determinada principalmente por la habilidad del constructor de la prueba. La calidad de un test tradicional está determinada principalmente por la habilidad de quien lee las respuestas del examinado. La calidad de los tests varía en ambos tipos, pero mientras la calidad de los ítems de los test objetivos se puede determinar estadísticamente, es muy difícil obtener datos concretos sobre la calidad de las pruebas escritas tradicionales.
5. Un examen escrito tradicional es fácil de preparar pero difícil de calificar con exactitud. Un buen test objetivo es bastante difícil de preparar pero muy fácil de evaluar exactamente.
6. Un examen escrito proporciona mayor libertad al alumno para expresar su individualidad en la respuesta que da, y deja en libertad al lector de la prueba que podrá guiarse por sus preferencias individuales al calificar la prueba. En cambio una prueba objetiva proporciona libertad al constructor para expresar sus conocimientos y sus valores pero circunscribe al examinado a demostrar lo poco o lo mucho que sabe del asunto. Demasiada libertad, sin embargo, es enemiga de la exactitud en la medición. Cuando se quiere medir con más precisión se debe describir el proceso de medición en forma más completa y estandarizada y deben controlarse con más cuidado todas las variables implicadas. Puesto que el ítem de un test objetivo proporciona un proceso estandarizado en forma más uniforme y está controlado con más cuidado que una pregunta común de un examen tradicional, debemos considerar que es un avance técnico para la medición del rendimiento.

3.6. Consideraciones en la elaboración y aplicación de tests

Adicionalmente a los procedimientos establecidos para la elaboración de tests, [Cortada de Kohan, 1999] recomienda tener ciertas consideraciones durante la elaboración y la aplicación del test:

- El test puede incluir más de una clase de ítem, esto hará que sea menos monótono y a veces más adecuado al material.
- Conviene incluir más ítems en la forma preliminar del test de los que se necesitarán en la forma definitiva. Esto permitirá eliminar después del primer ensayo aquellos que resulten defectuosos.
- Debe evitarse toda regularidad en el esquema de las respuestas correctas del test. Lo mejor es disponer la respuesta correcta según una tabla de azar.
- Hay que proporcionar un protocolo fácil para que el examinado anote las respuestas.
- Las instrucciones deben ser lo más claras, completas y concisas posibles. El examinado debe saber:
 - Como indicar la respuesta
 - El tiempo de que dispone.
 - Conviene dar en las instrucciones algunos ejemplos fáciles.
- Se deben tomar todas las precauciones para lograr las mejores condiciones de aplicación del test.
- Debe darse tiempo muy amplio; especialmente en la prueba de ensayo.

Los cuatro pasos de planeamiento, preparación, ensayo y evaluación del test, constituyen en realidad un ciclo en la construcción, porque a menudo es necesario repetir los últimos tres antes de llegar a la forma definitiva del test.

Capítulo 4

Elaboración del cuestionario de evaluación

Para desarrollar un cuestionario de evaluación aplicando principios psicométricos se requiere identificar los factores que son susceptibles de mejora en los cuestionarios aplicando los principios de Teoría Psicométrica revisados en el Capítulo 3.

Con el objetivo de aplicar los principios psicométricos analizados en el Capítulo 3, se desarrolló un cuestionario de evaluación para el Nivel 1 del Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software (DMS) del modelo MoProSoft [NMX-NYCE, 2007c], presentada en el Apéndice A.

En este cuestionario se aplican los siguientes factores, identificados durante el proceso de investigación y de análisis de cuestionarios existentes como susceptibles de mejora.

4.1. Posibilidad de adivinar respuestas

En la Sección 2.3 se observa una evolución en el desarrollo de cuestionarios de evaluación, enfocada principalmente en mejorar la granularidad de opciones disponibles en cada pregunta. Si bien la investigación realizada ha permitido obtener mejores evaluaciones mediante la diversificación de las opciones disponibles, los distintos formatos desarrollados permiten obtener respuestas correctas sin tener pleno conocimiento de los temas examinados, ya sea por adivinación o haciendo trampa en la evaluación, como se muestra en la Figura 4.1 en la que se muestran preguntas ejemplo del Cuestionario de Madurez del SEI (A) [Zubrow et al., 1994] y el Cuestionario para la mejora del Proceso de Adquisición de Software en PYMEs (B) [García et al., 2008]. Para disminuir la posibilidad de obtener respuestas correctas al azar se han considerado 3 tipos posibles de pregunta, dependiendo el número y tipo de opciones disponibles:

- Preguntas Tipo A: Opción múltiple con una respuesta.- Se aplican en actividades que tienen como resultado un producto y/o objetivo bien definido y cuya comprensión es vital para el cumplimiento de las actividades establecidas en el área de proceso evaluada. (ver Figura 4.2).
- Preguntas Tipo B: Opción múltiple con varias respuestas.- Se aplican en evaluaciones relacionadas con las Prácticas Específicas de cada Área de Proceso. En cada práctica se establece un conjunto de subprácticas y productos de trabajo generados que son necesarios para el cumplimiento de ésta. En este tipo de preguntas se presenta un conjunto de opciones con elementos que se generan en una Práctica Específica y otros que no, como se muestra en la Figura 4.3. El puntaje obtenido en estas preguntas depende de la cantidad de opciones correctas e incorrectas seleccionadas. Un caso especial en esta situación consiste en seleccionar todas las opciones disponibles para obtener la puntuación de las opciones correctas, por lo que en este caso se penaliza el puntaje obtenido con el objetivo de disminuir la aportación de respuestas por adivinación.

A

3 Does the project follow a written organizational policy for managing the system requirements allocated to software? Yes No Does Not Apply Don't Know
 Comments:

4 Are the people in the project who are charged with managing the allocated requirements trained in the procedures for managing allocated requirements? Yes No Does Not Apply Don't Know
 Comments:

B

	Always	Usually	Sometimes	Rarely or never	Never	Don't know	Not Apply
1. Do you establish and document criteria for evaluating potential suppliers? <i>Consider using DAR when evaluating potential suppliers. This practice describes some of what is involved in such an evaluation.</i>	<input type="checkbox"/>						
Comments:							
2. Have you identified potential suppliers and distributed solicitation material and requirements to them? <i>A proactive manner of performing this activity is to conduct market research to identify potential sources of candidate products to be acquired, including candidates from suppliers of custom-made products and vendors.</i>	<input type="checkbox"/>						

Ejemplos de cuestionarios donde la misma respuesta siempre da la puntuación más alta

Figura 4.1: Respuestas correctas en varios tests de evaluación

¿Cuál es el objetivo de la Gestión de Requerimientos?

- Producir y analizar requerimientos del cliente y del producto
- Gestionar los procesos definidos del proyecto
- Establecer y mantener la identidad de los productos de trabajo
- Gestionar los requerimientos de los productos y componentes del producto
- Proporcionar un entendimiento del progreso del proyecto

Figura 4.2: Formato de opción múltiple con una respuesta

Actividades de la Gestión de Requerimientos

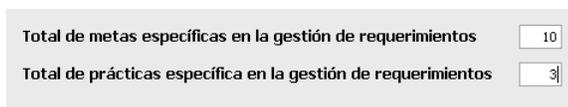
- Establecer los requerimientos del cliente
- Documentar cambios en los requerimientos y su razón
- Revisión de los requerimientos con los proveedores
- Obtener un compromiso sobre los requerimientos
- Gestionar cambios a los requerimientos

Figura 4.3: Formato de opción múltiple con varias respuestas

- Preguntas Tipo C: Opción numérica.- Se aplican para determinar el conocimiento del total de actividades del Área de Proceso (ver Figura 4.4).

4.2. Relación entre actividades

Los procesos del área de DMS incluyen una secuencia de actividades en orden descendente. Esto implica que las actividades de una práctica requieren el cumplimiento de las prácticas anteriores para ser implementadas de manera



Total de metas específicas en la gestión de requerimientos	10
Total de prácticas específica en la gestión de requerimientos	3

Figura 4.4: Formato de opción numérica

correcta. Debido a esto la puntuación obtenida en una actividad está determinada por las actividades llevadas a cabo y los productos obtenidos en prácticas anteriores.

El nivel en que las prácticas anteriores influyen en la práctica actual se evalúa con la aplicación de un factor de multiplicación aplicado a la calificación obtenida de la práctica actual. El valor de este factor puede oscilar entre 0.6 y 1.0 dependiendo del desempeño en prácticas anteriores. La escala elegida para este factor de multiplicación está basa en dos conceptos mencionados anteriormente y que se aplican de la siguiente manera:

1. Mantener en este factor de multiplicación una escala similar a la propuesta para las puntuaciones de ítems basados en escalas Likert presentados en la Sección 3.4, es decir escalas de puntuación que representan números consecutivos simétricamente espaciadas (desde 0.6 hasta 1.0 con una diferencia de 0.1 entre cada valor de puntuación).
2. Como se explicó en la Sección 3.3.7.2 una alta correlación entre ítems del test permite mejorar la confiabilidad del test. Sin embargo si se tomara una escala que involucre valores desde 0.0 o cercanos, implicaría que hay una relación de dependencia más que de correlación entre los ítems, por esta razón se definió el valor más bajo de la escala como 0.6 ya que las prácticas y productos de trabajo generados en cada actividad como recomendaciones más que como actividades obligatorias a cumplir. De esta manera la evaluación de la práctica actual está influenciada por las prácticas anteriores, pero no queda totalmente determinada por éstas.

Así mismo, la relación entre actividades implica que los productos de trabajo generados en las primeras etapas de cada proceso serán utilizados en etapas posteriores, lo cual debe ser considerado en el cuestionario al mostrar preguntas que tienen relación entre sí, por ejemplo si la respuesta de una pregunta está incluida como parte de otra pregunta.

4.3. Asignación de puntajes

En los cuestionarios desarrollados anteriormente se asignaba el mismo puntaje para todas las preguntas, y la calificación final consistía simplemente en la suma total de aciertos obtenidos. En el desarrollo del cuestionario propuesto se consideran dos tipos de puntuaciones:

4.3.1. Puntuación para cada pregunta del cuestionario

El primer tipo se refiere a las puntuación asignada por cada pregunta respondida del cuestionario y se asigna de la siguiente manera:

- Preguntas Tipo A.- Se asigna 1 punto si se elije la respuesta correcta, en caso contrario se asignan 0 puntos.
- Preguntas Tipo B.- Para las preguntas de tipo B, cada opción correcta aporta un porcentaje al total de la pregunta, de manera que si se marcan todas las opciones consideradas como correctas se asigna 1 punto para esa pregunta. En caso contrario se asigna el puntaje por las opciones marcadas sobre el total de opciones correctas para cada pregunta. Cada opción incorrecta que sea marcada disminuye al puntaje obtenido, esto con el objetivo de prevenir que se elijan todas las opciones y disminuir la posibilidad de obtener respuestas correctas por adivinación. La Figura 4.5 muestra un ejemplo sobre la asignación de puntajes para las preguntas de Tipo B.
- Preguntas Tipo C.- En caso de que la respuesta numérica sea correcta se asigna 1 punto para la pregunta, en caso contrario 0 puntos.

10. Contenido del Plan Estratégico <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Sugerencias de Mejora al Proceso <input checked="" type="checkbox"/> Misión, Visión y Valores <input checked="" type="checkbox"/> Objetivos y Estrategias <input type="checkbox"/> Plan de Adquisición y Capacitación <input type="checkbox"/> Plan de Comunicación con el Cliente <input type="checkbox"/> Cartera de Proyectos 	Total de opciones: 6 Total de opciones correctas: 4 Aporte de cada opción: 0.25 (1/4) Disminución por cada opción incorrecta: 0.25
39. Procesos Relacionados con el proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Gestión de Procesos <input type="checkbox"/> Gestión de Proyectos <input type="checkbox"/> Administración de Proyectos Específicos <input type="checkbox"/> Bienes Servicios e Infraestructura <input type="checkbox"/> Conocimiento de la Organización <input type="checkbox"/> Desarrollo y Mantenimiento de Software 	Total de opciones: 6 Total de opciones correctas: 2 Aporte por cada opción: 0.5 (1/2) Disminución por cada opción incorrecta: 0.5

En caso de obtener puntaje negativo en una pregunta se toma como 0 puntos

Figura 4.5: Ejemplos de asignación de puntajes

4.3.2. Puntaje por Actividad y por Proceso

El segundo puntaje es obtenido para cada actividad y para cada proceso expresado como porcentaje, y representa el nivel de cumplimiento de la organización en cada meta establecida. La escala de valores va de 1 hasta 5 con la misma interpretación mostrada en la Tabla 4.1. Sin embargo, la calificación total se obtiene de la suma de las evaluaciones de las actividades. De esta forma es posible asignar una calificación para cada proceso implementado en la organización a fin de obtener un panorama general de las empresas en cuanto a su nivel de cumplimiento de los procesos, y calificaciones individuales por actividad para determinar en cuales existen debilidades o no son implementadas en la empresa.

Tabla 4.1: Escala de valores e interpretación para la calificación obtenida

Calificación	Interpretación
5	La actividad está establecida y documentada en la organización. Se realiza siempre, entre el 75 % y 100 % de veces en los proyectos de la organización
4	La actividad está establecida en la organización pero rara vez es documentada. La actividad se lleva a cabo entre el 50 % y 74 % de las veces en los proyectos de la organización
3	La actividad está débilmente establecida en la organización. Se realiza algunas veces entre el 25 % y 49 % de los proyectos de la organización
2	La actividad se lleva a cabo rara vez. Se realiza entre el 1 % y el 24 % de los proyectos de la organización
1	La actividad no es llevada a cabo en la organización. Ningún grupo o persona lleva a cabo la actividad en la organización

Esta separación de puntajes permite analizar y mostrar con facilidad los resultados por práctica y el desempeño general de la organización para cada proceso. De esta manera se puede mostrar en los resultados las prácticas que se llevan a cabo de manera satisfactoria e indicar las prácticas y/o actividades que requieren atención.

4.4. Nivel de dificultad

En cada Práctica Específica se incluyen preguntas para evaluar dos aspectos del modelo:

1. Determinar el nivel de cumplimiento de las actividades de acuerdo a las subactividades y productos de trabajo generados.
2. Determinar el nivel de comprensión de las prácticas realizadas por la organización.

Para el cumplimiento de las prácticas establecidas tiene mayor trascendencia el realizar las actividades establecidas por proceso, y la comprensión de éstas se da al realizarlas adecuadamente y de manera constante en los proyectos de la organización.

Por esta razón las preguntas sobre las actividades aportan una mayor puntuación en las calificaciones obtenidas. Esto se aplica tanto en la evaluación por prácticas como en la evaluación total de las actividades por proceso.

4.5. Interpretación de la puntuación final

El resultado final de la evaluación consiste en un valor numérico que representa el porcentaje de cumplimiento de la organización para cada actividad, proceso y desempeño general respecto al modelo en el nivel evaluado. Estas puntuaciones sirven a la organización como punto de partida para conocer su nivel actual, y las áreas o actividades específicas que requieren atención para obtener una mejor evaluación de su nivel de madurez/capacidad. De la misma forma, las puntuaciones por práctica aportan una estimación de las prácticas que se realizan de manera adecuada y de cuales necesitan mejorarse. Para considerar que una empresa ha obtenido el nivel evaluado, se requiere al menos un 75% de cumplimiento de actividades en la evaluación.

4.6. Cuestionario de evaluación desarrollado

El cuestionario desarrollado para las Actividades de DMS consta de 14 preguntas relacionadas con los objetivos del proceso, los productos de trabajo generados y las actividades realizadas (6 en total para el caso de DMS). Para cada pregunta se muestra qué tipo de respuesta debe proporcionarse de las mencionadas en la Sección 4.1 como sigue:

- **Tipo A:** Pregunta de opción múltiple con una sola respuesta correcta.
- **Tipo B:** Pregunta de opción múltiple con varias respuestas correctas.
- **Tipo C:** Pregunta cerrada con opción de respuesta numérica.

Las preguntas se dividen por secciones con el objetivo de filtrar las preguntas que se muestran durante la evaluación, si es que existe relación entre varias de ellas, y las respuestas correctas para cada pregunta se muestran subrayadas:

Primera sección

1. **Tipo A.-** Categoría a la que pertenece el proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software
 - Gerencia
 - Alta Dirección
 - Operación
 2. **Tipo A.-** Propósito del proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software
 - Mantener disponible y administrar la base de conocimientos que contiene la información y los productos generados por la organización
 - Reutilización sistemática de las actividades de obtención de requisitos, análisis, diseño y construcción
-

- Establecer la razón de ser de la organización, sus objetivos y condiciones para lograrlos
 - Proporcionar los recursos humanos adecuados para cumplir las responsabilidades asignadas a los roles dentro de la organización
 - Establecer las actividades que permitan cumplir con los objetivos de un proyecto
3. **Tipo C.-** Total de actividades a realizar en el proceso de Administración de Proyectos Específicos: **6**
4. **Tipo B.-** Actividades realizadas en el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software
- Planificación
 - Fase de Inicio
 - Fase de Requerimientos
 - Planificación Estratégica
 - Evaluación y control
 - Fase de Construcción

Segunda sección

1. **Tipo B.-** Subactividades que forman parte de la actividad A1-Fase de Inicio
- Documentar o modificar el Análisis y Diseño
 - Generar el Reporte de Mediciones y Sugerencias de Mejora
 - Verificar el Plan de Pruebas del Sistema
 - Revisar el Plan de Desarrollo para lograr un entendimiento común
 - Elaborar el reporte de actividades realizadas
 - Definir con el cliente el Protocolo de Entrega
2. **Tipo B.-** Subactividades que forman parte de la actividad A2-Fase de Requerimientos
- Documentar o modificar el Análisis y Diseño
 - Documentar o modificar la Especificación de Requerimientos
 - Construir o modificar los Componentes de Software
 - Documentar la versión preliminar del Manual de Usuario
 - Distribuir tareas entre los miembros del equipo de acuerdo al Plan de Desarrollo
 - Preparar el ambiente adecuado para la Implantación del Plan Estratégico
3. **Tipo B.-** Subactividades que forman parte de la actividad A3-Fase de Análisis y Diseño
- Corregir los defectos encontrados en la Especificación de Requerimientos
 - Verificar el Manual de Usuario
 - Generar el Reporte de Seguimiento del proyecto
 - Documentar o modificar el Análisis y Diseño
 - Verificar el Manual de Operación
 - Incorporar Análisis y Diseño a la Configuración de Software
4. **Tipo B.-** Subactividades que forman parte de la actividad A4-Fase de Construcción
- Distribuir tareas entre los miembros del equipo de acuerdo al Plan de Desarrollo
 - Realizar integración y pruebas
-

- Construir o modificar los Componentes de Software
- Documentar el Manual de Operación o modificar el manual existente
- Incorporar Componentes de Software a la Configuración de Software
- Verificar el Manual de Mantenimiento

5. **Tipo B.-** Subactividades que forman parte de la actividad A5-Fase de Integración y Pruebas

- Elaborar el Reporte de Actividades
- Integrar los componentes en subsistemas o en el Sistema de Software
- Corregir los defectos encontrados en el Manual de Usuario
- Documentar el Manual de Operación o modificar el manual existente
- Generar el Reporte de Mediciones y Sugerencias de Mejora

6. **Tipo B.-** Documentos de Entrada asociados al proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software

- Plan Estratégico
- Configuración de Software
- Reporte de Mediciones y Sugerencias de Mejora
- Plan de Desarrollo
- Especificación de Requerimientos
- Asignación de Recursos

7. **Tipo B.-** Documentos de Salida asociados al proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software

- Plan de Desarrollo
- Plan Estratégico
- Análisis y Diseño
- Especificación de Requerimientos
- Componentes
- Configuración de Software

Tercera Sección

1. **Tipo B.-** Contenido de la Especificación de Requerimientos

- Portabilidad
- Funcionales
- Descripción Arquitectónica
- Registro de Rastreo
- Plan de Comunicación con el Cliente
- Legales y reglamentarios

2. **Tipo B.-** Contenido del documento de Análisis y Diseño

- Calendario
 - Descripción Detallada y Arquitectónica
 - Plan de Pruebas de Integración
 - Plan de Pruebas de Sistema
-

- Manual de Mantenimiento

3. **Tipo B.-** Procesos Relacionados con el proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software

- Gestión de Procesos
- Gestión de Proyectos
- Administración de Proyectos Específicos
- Bienes Servicios e Infraestructura
- Conocimiento de la Organización

Total de preguntas: 14

Capítulo 5

Resultados obtenidos

El apartado de resultados se divide en secciones de acuerdo a los objetivos establecidos en la Sección 1.5 y que aquí se resumen:

- **Objetivo general:** Analizar la factibilidad de implementar el uso de principios psicométricos en los procesos de evaluación del proceso software, con el fin de mejorar la validez de los resultados que se obtienen al realizar dichas pruebas en los procesos de desarrollo software de las PYMES.
- **Objetivos específicos**
 - Analizar las propuestas existentes desarrolladas para tratar el problema de las evaluaciones software.
 - Analizar los principios de las teorías psicométricas y los diferentes tipos de tests que se han desarrollado bajo estas teorías, con el fin de analizar su aplicabilidad en los cuestionarios existentes para la evaluación del proceso software.
 - Desarrollar un cuestionario que incluya los principios psicométricos analizados que permita mejorar los resultados de aplicar los cuestionarios a PYMES para evaluar su progreso en la aplicación de modelos para la mejora y evaluación de los procesos de desarrollo software.
 - Desarrollar una herramienta de evaluación para realizar evaluaciones automatizadas basadas el cuestionario propuesto.

5.1. Análisis de propuestas de evaluación existentes

En las propuestas analizadas en la Sección 2 se observan varios factores que han evolucionado en los cuestionarios de evaluación y que se presentan a continuación.

5.1.1. Mejoras enfocadas en la confiabilidad de las respuestas

Uno de los factores en los que se ha enfocado la investigación relacionada con la evaluación de procesos, es el grado de confianza en las respuestas obtenidas a través de los cuestionarios de evaluación. Autores como [Cuevas et al., 2004, García and Suárez, 2007, García et al., 2007, García et al., 2008] enfatizan la importancia de aumentar la granularidad de las respuestas disponibles para cada pregunta. El argumento para esto es que una granularidad mayor en las respuestas permitiría obtener más información acerca de las prácticas que son llevadas a cabo en las organizaciones y obtener información específica de las áreas de proceso evaluadas. Los resultados de dichas investigaciones se observan en los cuestionarios de evaluación propuestos, desde el primer cuestionario de madurez realizado por el SEI [Zubrow et al., 1994] hasta los cuestionarios propuestos para la evaluación de áreas de proceso específicas (ver Figura 5.1). Así, la investigación se ha centrado en aumentar las opciones disponibles en cada una de las preguntas que componen los cuestionarios desarrollados. El resultado de estos trabajos ha generado

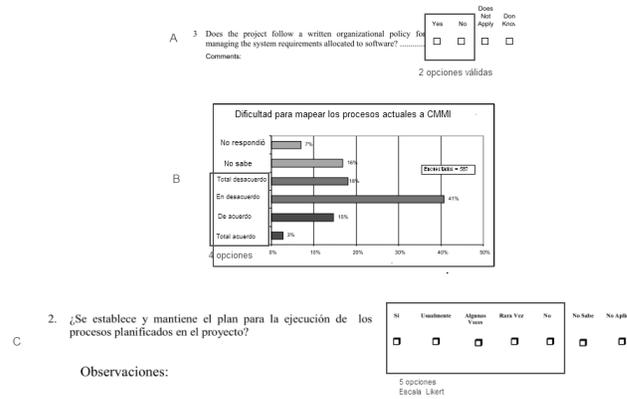


Figura 5.1: Evolución de los cuestionarios de evaluación

A) Cuestionario de madurez del SEI B) “Interpretive Guidance Project” del SEI C) Cuestionario de dos fases aplicado en [García and Suárez, 2007].

que los cuestionarios más recientes ocupen formatos de escalas Likert para recolectar la información y determinar la puntuación obtenida en las evaluaciones.

Sin embargo, en ninguno de los cuestionarios analizados se hace uso explícito de los principios psicométricos en su elaboración y no se mencionan las ventajas de utilizar evaluaciones basadas en escalas Likert para formular las respuestas. Adicionalmente, aunque se han dedicado muchos esfuerzos en aumentar la granularidad en las respuestas de los cuestionarios, poco trabajo se ha hecho por determinar la veracidad de tales respuestas. Entre estos esfuerzos se incluye el añadir una sección para comentarios sobre las preguntas en caso de requerir información adicional o si la actividad no aplica en la organización. Si bien la información obtenida de estos campos ayuda a los evaluadores a determinar la situación real de las organizaciones, esto implica que las evaluaciones no se realizan de manera 100% automatizada y aún se requiere intervención humana para determinar que los resultados obtenidos de los cuestionarios reflejan de manera real las prácticas realizadas.

5.1.2. Uso de Estadísticas Descriptivas

El uso de estadísticas descriptivas no es exclusivo de la Teoría Psicométrica, si bien forma parte importante de ésta debido a su importancia en las mediciones realizadas en esta disciplina y a la complejidad del comportamiento humano que pretenden medir. En nuestro contexto, las herramientas de evaluación existentes hacen uso de estadísticas para proporcionar información acerca del desempeño general de las organizaciones (ver Figura 5.2).

Herramientas como el promedio y la desviación estándar son utilizadas para obtener dicha información de las evaluaciones realizadas a los empleados en la organización. Sin embargo, el uso de herramientas estadísticas también puede ser aprovechado para determinar la veracidad de las evaluaciones y los puntajes obtenidos de éstas al obtener diferentes escalas de puntuación como las descritas en la Sección 3.3.3. Otros métodos factibles de ser aplicados en las evaluaciones incluyen la aplicación de formas equivalentes de test y el método de covarianza entre ítems [Tornimbeni et al., 2008]. La aplicación de estos métodos en la asignación e interpretación de los puntajes obtenidos en evaluaciones queda vigente para realizar nuevas investigaciones o como trabajo futuro.

5.2. Principios psicométricos aplicables a cuestionarios de evaluación

Además de los principios aplicados en el cuestionario desarrollado en el presente proyecto de tesis, existen otros áreas propensas de ser beneficiadas aplicando principios psicométricos y pueden ser considerados para trabajos futuros. A continuación se exponen los factores analizados que pueden ser de utilidad en el desarrollo de cuestionarios de evaluación, incluyendo los factores utilizados en el cuestionario propuesto en el Capítulo 4.

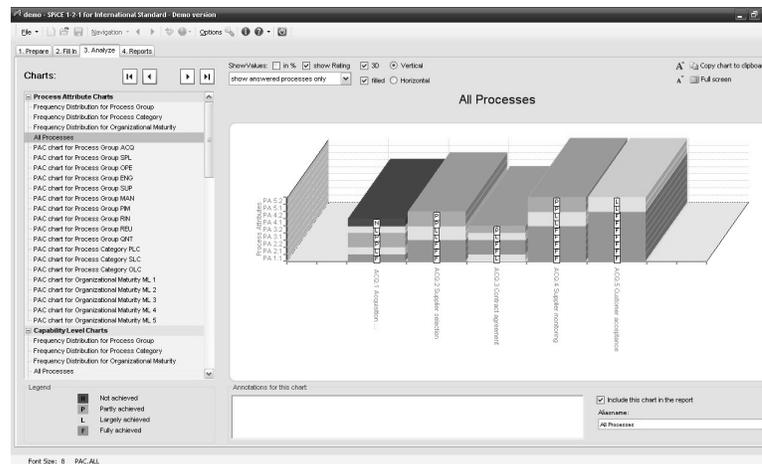


Figura 5.2: Descripción de los resultados de la evaluación usando Spice 1-2-1

5.2.1. Asignación diferencial de puntajes

El método utilizado hasta ahora en los cuestionarios de evaluación es asignar el mismo puntaje para todas las preguntas, lo cual significa que cada pregunta contribuye con el mismo valor al puntaje final. Sin embargo, esta forma de asignar puntajes no refleja la contribución real de cada actividad al total del proceso, a pesar de que algunas prácticas pueden ser más relevantes que otras para el éxito de las organizaciones. Una práctica común en otras disciplinas es asignar puntajes de acuerdo a la experiencia de los desarrolladores del cuestionario. Aunque la experiencia puede ser útil para la asignación de los puntajes, puede no reflejar de manera objetiva el nivel de contribución de cada actividad. Para mejorar la calidad de las evaluaciones, se han desarrollado métodos como los descritos en [Ebel, 1977] y [Mehrens and Lehmann, 1982] para elaborar criterios de elaboración de cuestionarios y su análisis posterior, y se han desarrollado técnicas para asignar puntajes como la propuesta en [Galibert et al., 2000] basada en técnicas estadísticas, lo cual garantiza la objetividad de la asignación de puntajes. Esto es importante en un área como la Evaluación de los Procesos Software, donde es difícil cuantificar el valor de las actividades. Esto se observa en los cuestionarios analizados en el Capítulo 2, en los que todas las preguntas aportan el mismo valor al resultado final de la evaluación, el cual se obtiene de la suma total de actividades realizadas, independientemente de su dificultad o de la relación entre actividades.

5.2.2. Nivel de dificultad

El nivel de dificultad de una pregunta, medido en una escala de 0.0 a 1.0 está relacionado con la proporción de personas evaluadas que contestan de manera correcta la pregunta. Valores más altos significan que el nivel de dificultad de la pregunta disminuye. Para propósitos de evaluación las preguntas que tienen un valor de 0.0 o 1.0 no son útiles ni descriptivas. Según [Kline, 2005], las preguntas que tienen un valor de 0.5 proporcionan la mejor diferenciación entre aquellos que aciertan y que fallan.

El nivel de dificultad de las preguntas se usa para determinar la dificultad total de los cuestionarios. Una implicación importante del nivel de dificultad indica que no es mejor un cuestionario de 10 preguntas con un nivel de dificultad de 0.5 en cada pregunta, que un test de una sola pregunta con un nivel de dificultad de 0.5, ya que en ambos casos el nivel de dificultad de la prueba es de 0.5. De esta implicación se deriva el hecho de que es posible desarrollar cuestionarios cortos y específicos con preguntas que tengan niveles de dificultad similares para evaluar actividades o áreas de proceso específicas y desarrollar cuestionario largos con niveles de dificultad diferenciados para realizar evaluaciones completas sobre algún modelo de proceso siempre que la dificultad total de la prueba se mantenga en un nivel adecuado.

5.2.3. Eliminar la posibilidad de adivinar respuestas

Como se mencionó en la Sección 4.1 en los cuestionarios existentes la posibilidad de adivinar respuestas es alta, debido a que las respuestas correctas en estos cuestionarios siguen un patrón (ver Figura 4.1). Por lo tanto es importante considerar varios factores que contribuyen a disminuir la probabilidad de obtener respuestas correctas por adivinación

- Las respuestas correctas deben estar dispuestas de forma aleatoria a lo largo del cuestionario, para lograr esto se recomienda distribuir las respuestas usando tablas de azar.
- Se debe evitar que la alternativa correcta sea la más larga.
- Se deben evitar expresiones muy literales que favorezcan la memorización
- Todas las alternativas deben ser gramaticalmente semejantes e igualmente aceptables desde el sentido común.
- Se debe evitar redactar el enunciado base de las preguntas como enunciado negativo, a menos que la finalidad sea reforzar el aprendizaje de lo que no debe hacerse.

Es importante observar además que en los cuestionarios existentes que utilizan un formato basado en escala Likert, no existe una respuesta “correcta” como tal (opciones como “Usualmente” y “Algunas veces” no se consideran respuestas incorrectas) esto aumenta la probabilidad de falsear respuestas en comparación del caso en el que solo exista una respuesta correcta.

5.2.4. Revisión de expertos

Se recomienda que los cuestionarios elaborados sean revisados por un grupo de expertos que tengan experiencia en la construcción de pruebas, en el dominio a medir y en la población a la que van dirigidos los cuestionarios. Los aspectos esenciales que deben evaluar los expertos para cada pregunta son los siguientes:

- Claridad semántica y corrección gramatical
- Adecuación al nivel de comprensión de la población media
- Congruencia con el dominio que se pretende medir

Se recomienda utilizar escalas numéricas para que los expertos evalúen la calidad y consistencia de los ítems. Es importante no depender solamente del juicio de los expertos y cuando sea posible realizar pruebas piloto en una muestra reducida para corroborar empíricamente la claridad del test.

5.3. Desarrollo de un cuestionario aplicando principios psicométricos

Como un primer acercamiento a la aplicación de la Teoría Psicométrica, el cuestionario de evaluación propuesto incluye elementos que ya han sido incluidos en cuestionarios desarrollados. Sin embargo, como ya se mencionó en la Sección 5.1.1 las investigaciones realizadas no se han enfocado explícitamente en su inclusión en los cuestionarios desarrollados. A pesar de esto el análisis de los cuestionarios desarrollados muestra la factibilidad de combinar la Teoría Psicométrica en los cuestionarios de evaluación, observando que ya existe un avance en su utilización.

Sin embargo, del análisis realizado en el Capítulo 3 y el cuestionario propuesto en el Capítulo 4, se observa que existen aún factores en los que las evaluaciones pueden ser mejoradas con la inclusión de la Teoría Psicométrica. Algunas de estas mejoras son las propuestas en el cuestionario de evaluación desarrollado y otras quedan como trabajo futuro y para posibles temas de investigación.

Como primer objetivo planteado de los resultados de la presente investigación se debe considerar como objetivo principal el desarrollar test psicométricos estandarizados para la evaluación de procesos software, tal como los hay en otras disciplinas. Para lograr este objetivo se debe tomar en cuenta que el proceso completo del desarrollo de un test psicométrico implica un proceso largo que incluye las siguientes etapas descritas en [Herrera, 1998]:

- Delimitación del dominio del test, descripción de las características de la población a la cual va dirigido y estructura formal del test.
- Redacción de los ítems.
- Revisión de los ítems por expertos.
- Análisis de las propiedades psicométricas de los ítems y/o escalas del test.
- Elaboración de los materiales definitivos de prueba.

Finalmente es importante considerar la adaptación de tests a diferentes culturas, ya que el uso de tests en un contexto cultural diferente al original puede generar dificultades.

5.3.1. Procedimiento para desarrollar el cuestionario

Para el desarrollo del cuestionario propuesto en la Sección 4.6 se realizaron las siguientes actividades con respecto a las etapas anteriormente mencionadas:

- Delimitación del dominio del test: El dominio incluye a los trabajadores dedicados al desarrollo software, con conocimientos de programación, de modelos de desarrollo aplicados en la industria y las actividades que se llevan a cabo en la elaboración de proyectos, además de trabajar y tener conocimiento del modelo MoProSoft
 - Redacción de los ítems: En la redacción de los ítems del cuestionarios se puso especial cuidado en que los enunciados resultantes fueran breves y que no se generaran ambigüedades o malinterpretaciones de las preguntas. Del mismo modo, en las opciones incluidas en cada pregunta se procuró que las respuestas fueran breves, y que requirieran de los evaluados solamente el conocimiento adquirido del modelo, sin incluir aspectos relacionados con la percepción que cada uno pueda tener del cumplimiento de los procesos en la organización. Los ítems elaborados incluyen las actividades realizadas en el proceso de DMS según el modelo, los documentos de entrada y salida, los productos de trabajo generados así como también los objetivos y procesos relacionados según el modelo [NMX-NYCE, 2007c].
 - Revisión de los ítems por expertos: El proceso de elaboración del cuestionario de evaluación contó con la colaboración de la psicóloga Dra. Luz María Montoya como encargada de revisar el cuestionario de evaluación desde el punto de vista de la teoría psicométrica para verificar que las preguntas fueran redactadas correctamente y cumplieran el objetivo de evaluar lo que realmente se pretende.
 - Análisis de las propiedades psicométricas de los ítems: Las propiedades psicométricas incluidas en los ítems generados fueron las siguientes:
 - Eliminar la posibilidad de adivinar respuestas: Los ítems propuestos incluyen diferentes tipos de respuesta en lugar de incluir solamente escalas que indiquen la frecuencia con que se llevan a cabo las actividades evaluadas. Para contestar correctamente las preguntas se requiere que los evaluados conozcan las actividades y documentos indicados en la norma. La justificación para esto es que si un proceso está bien definido y establecido en la organización entonces los empleados deben conocerlo adecuadamente, en este caso los procesos que indica el modelo MoProSoft.
 - Asignación de puntajes: Debido a que cada pregunta tiene diferente número de opciones y de respuestas correctas, el puntaje asignado por pregunta puede variar de acuerdo a las respuestas obtenidas de los usuarios, lo cual sirve como indicativo para determinar no sólo si se llevan a cabo o no los procesos, sino también para determinar que tan bien se llevan a cabo y que tan bien establecidos están en la empresa de acuerdo al conocimiento de los empleados.
 - Elaboración de los materiales de prueba: Con los criterios considerados, se desarrolló el cuestionario presentado en la Sección 4.6 utilizado para realizar las pruebas en una empresa dedica al desarrollo software.
-

5.3.2. Resultados de la aplicación del cuestionario desarrollado

Con el objetivo de verificar los resultados obtenidos al aplicar el cuestionario propuesto se realizó una evaluación en una PYME de la región dedicada al Desarrollo Software y que recientemente está intentando adoptar el modelo MoProSoft en sus procesos de desarrollo. El objetivo de esta evaluación fué determinar la situación inicial de las actividades realizadas por la empresa respecto a las actividades indicadas por el modelo. Adicionalmente a la aplicación del cuestionario propuesto, se realizó una evaluación que incluyó los Procesos de Gestión de Negocio (GN), Administración de Proyectos Específicos (APE) y Desarrollo y Mantenimiento de Software (DMS). Dicha evaluación se realizó aplicando cuestionarios con un formato similar a los presentados en la Sección 2.3 incluyendo además una etapa de verificación que consistió en la aplicación de preguntas de verificación (ver Figura 5.3) y solicitud de documentos probatorios. La Tabla 5.1 muestra las características de la evaluación realizada aplicando ambos cuestionarios de evaluación.

Tabla 5.1: Características de la evaluación realizada

Giro de la empresa	Desarrollo de software
Tipo de evaluación	Evaluación por capacidad
Nivel de la evaluación	Nivel 1 del modelo MoProSoft
Proceso evaluado	Desarrollo y Mantenimiento de Software
Personal evaluado	3 empleados del área de DMS (programadores)
Condiciones de la evaluación	Evaluación simultanea de los 3 empleados por separado, sin que hubiera contacto entre ellos
Duración de la evaluación	4 días

El cuestionario aplicado en la evaluación convencional consta de 13 preguntas estándar y 5 preguntas de verificación mostradas en el Apéndice B.

A5.4 ¿Se realiza el documento de *Configuración de Software*?

- No, Nunca
- Mayoría no
- A veces
- Mayoría sí
- Sí, Siempre

A5.4 ¿Qué incluye el documento de *Configuración de Software*?

- Especificación de Requisitos
- Análisis y Diseño
- Software
- Manual de Usuario
- Manual de Operación

Figura 5.3: Formato del cuestionario aplicado en la evaluación convencional incluyendo pregunta de verificación

La Figura 5.4 muestra el porcentaje obtenido por cada participante para el Proceso de DMS en la evaluación, mientras que la Figura 5.5 y la Tabla 5.2 muestran los resultados obtenidos en la evaluación y los puntajes obtenidos por pregunta respectivamente, aplicando los cuestionarios a 3 empleados del área de DMS en la empresa.

En la evaluación convencional se obtuvo una variación mayor de los resultados por pregunta como lo muestra la desviación estándar por pregunta, resaltada en gris en la Tabla 5.2, y los resultados finales son mayores a los obtenidos en la evaluación aplicando el cuestionario propuesto. Sin embargo, en los resultados aplicando el cuestionario propuesto se observa una mayor uniformidad de los resultados, tanto para las puntuaciones obtenidas por pregunta como para los resultados finales por participante. Estos resultados eran esperados al realizar la evaluación de la empresa, debido a su situación particular:

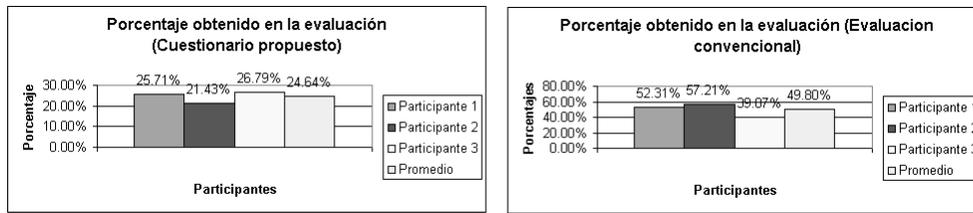


Figura 5.4: Resultados obtenidos por participante en las evaluaciones

- Los procesos no están bien definidos en la empresa, por lo que diferentes empleados realizan actividades diferentes durante el desarrollo de proyectos software.
- La comunicación entre las categorías de Gerencia y Operación es deficiente en la empresa, por esta razón, a pesar de que el proceso de Gestión de Negocios obtuvo un puntaje alto en la evaluación, estas mejoras no se ven reflejadas en los procesos asociados a la categoría de Operación, donde se encuentran los procesos de DMS y APE.
- La empresa lleva un tiempo relativamente corto de adopción del modelo MoProSoft, por lo que no todos los procesos han sido implementados en la empresa, y debido a una deficiente comunicación interna, tampoco han sido bien establecidos a través de toda la organización.
- Adicionalmente el conocimiento mostrados por los empleados respecto a la norma es deficiente, lo cual es ve reflejado en los resultados obtenidos por cada empleado y en el resultado final, que es de un 24% de cumplimiento de las actividades del modelo aproximadamente en el nivel evaluado. A diferencia del resultado obtenido en la evaluación convencional que fué de 49% aproximadamente.

Tabla 5.2: Tabla de puntajes obtenidos por pregunta

Preguntas	Evaluación convencional					Cuestionario propuesto				
	Participantes			Promedio	Desviación Estándar	Participantes			Promedio	Desviación estándar
	1	2	3			1	2	3		
1	1.0000	1.0000	0.0000	0.6667	0.5774	1.0000	0.0000	0.0000	0.3333	0.5774
2	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.3333	0.5774
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1875	0.0833	0.0903	0.0939
4	0.0000	0.0000	1.0000	0.3333	0.5774	0.0000	1.0000	0.0000	0.3333	0.5774
5	0.0000	0.2500	1.0000	0.4167	0.5204	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000
6	0.6000	0.7500	0.7500	0.7000	0.0866	0.0000	0.5000	0.0000	0.1667	0.2887
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8000	1.0000	1.0000	0.9333	0.1155
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.3333	0.5774
9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.6667	0.5774
10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.7500	0.5833	0.5204
11	1.0000	0.0000	0.0000	0.3333	0.5774	0.0000	1.0000	0.5000	0.5000	0.5000
12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.7500	0.7500	0.8333	0.1443
13	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.1000	0.3667	0.5508
14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000					

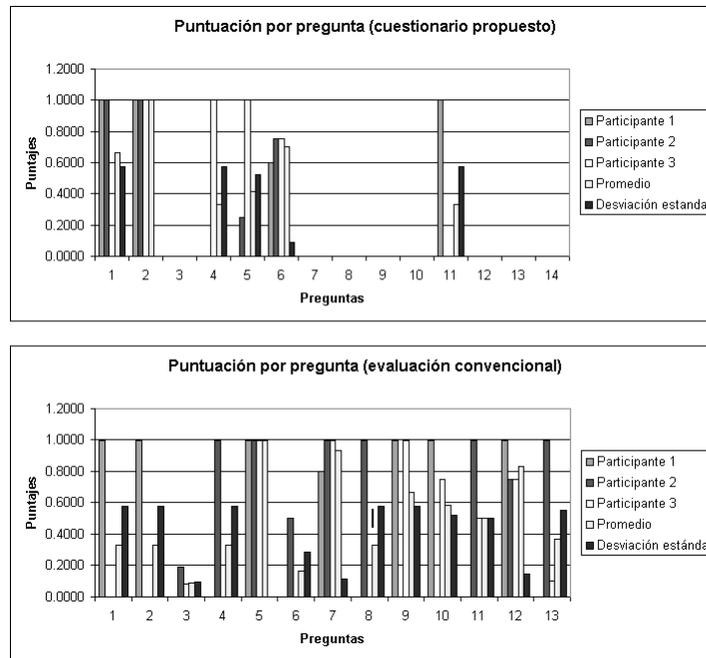


Figura 5.5: Gráfica de puntajes obtenidos por pregunta en las evaluaciones

Los resultados de la evaluación son consistentes con las observaciones hechas en la empresa al inicio de la evaluación y con la situación actual de la empresa respecto al conocimiento del modelo MoProSoft

5.4. Herramienta de evaluación aplicando el cuestionario propuesto

Con el objetivo de verificar la factibilidad de aplicar el cuestionario propuesto la Sección 4.6 en evaluaciones automatizadas, se ha desarrollado una herramienta de evaluación mostrada en el Apéndice C. El desarrollo de esta herramienta ha mostrado que es posible implementar el cuestionario propuesto con relativamente pocas modificaciones en el proceso de desarrollo. Tales modificaciones incluyen utilizar las herramientas provistas por los lenguajes de programación para implementar los formatos de preguntas propuestos, y modificar los procedimientos para obtener el puntaje final de los cuestionarios. Realizar tales cambios no requiere conocimientos adicionales del lenguaje utilizado, además de que pueden ser aplicados en cualquier lenguaje que provea herramientas para crear interfaces de usuario, lo cual incluye tanto aplicaciones de escritorio como aplicaciones basadas en Web. Debido a esto, desarrollar herramientas que incluyan cuestionarios aplicando principios psicométricos no requiere cambios mayores respecto a las que utilizan cuestionarios convencionales.

Capítulo 6

Conclusiones y trabajo futuro

Las conclusiones obtenidas del presente trabajo de tesis abarcan los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos planteados en el Capítulo 1 y posibles líneas de investigación y trabajo a futuro para dichos objetivos.

6.1. Análisis de las propuestas de evaluación existentes

Como se mostró en la Sección 5.1, en los cuestionarios de evaluación existentes se aplican elementos de la Teoría Psicométrica de manera empírica, sin embargo, no existe investigación previa enfocada en formalizar la elaboración de cuestionarios fundamentados en la teoría existente, y debido a eso existen aún muchos elementos que no han sido aplicados en la elaboración de cuestionarios para mejorar la confiabilidad en los cuestionarios elaborados y obtener información adicional relevante de los resultados obtenidos.

6.2. Principios psicométricos aplicables en los cuestionarios de evaluación

La Sección 5.2 muestra los elementos propuestos para ser aplicados en la elaboración de cuestionarios de evaluación, sin embargo existen otros factores que pueden ser aplicados para mejorar la confiabilidad de las evaluaciones realizadas. Esto ya se aplica en otras áreas como son tests de inteligencia y de aprendizaje, en los que se ha llevado a cabo gran cantidad de investigación y existen ahora pruebas estandarizadas que pueden ser aplicadas sin necesidad de conocer los fundamentos utilizados en la elaboración de los cuestionarios. Sin embargo, para poder estandarizar cuestionario de evaluación, se requiere el trabajo de una gran cantidad de expertos en el área de interés con el objetivo de analizar los cuestionarios elaborados, por lo que el desarrollo de pruebas estándar puede requerir una considerable cantidad de tiempo. Sin embargo, el tiempo requerido para desarrollar los cuestionarios se compensa con la facilidad de aplicación de los cuestionarios generados y de obtener e interpretar de manera correcta los resultados, lo cual es un factor clave para que las empresas puedan determinar su situación actual, y lo que necesitan hacer para mejorar sus procesos de desarrollo. Además se observa que la teoría psicométrica permite no sólo mejorar la fiabilidad de las evaluaciones si no también incluir otros aspectos relacionados a las evaluaciones como obtener información relativa al aprendizaje de las personas que realizan los cuestionarios y determinar la relación que existe entre distintas actividades llevadas a cabo. Incluir estos elementos en cuestionarios de evaluación forma parte del trabajo futuro de la presente investigación, el cual incluye el desarrollo de cuestionarios de evaluación para todos los procesos del modelo MoProSoft, divididos por procesos y niveles de madurez/capacidad.

Adicionalmente, la elaboración de cuestionarios de evaluación para otros modelos como CMMI, ISO/IEC 15504:2004 e ISO/IEC 12207:2004 forma parte del trabajo a futuro y de posibles líneas de investigación derivadas del presente trabajo.

6.3. Elaboración de un cuestionario aplicando principios psicométricos

Las pruebas preliminares realizadas con el cuestionario propuesto en el Capítulo 4 arrojan resultados más uniformes entre las evaluaciones aplicadas a varios empleados, además de que se obtienen resultados similares a los obtenidos aplicando una evaluación convencional que requiere una etapa de verificación. Estos resultados fueron consistentes con lo observado dada la situación actual de la empresa, con poco tiempo de haber adoptado el modelo MoProSoft y que aún no cuenta con procesos bien definidos y establecidos a través de toda la organización. Parte del trabajo a futuro incluye identificar relaciones entre actividades identificadas como deficientes o ausentes en las evaluaciones y posibles actividades relacionadas en las que puedan generarse conflictos, de forma que sea posible detectar e incluir en los planes de acción y mejora las actividades que deben ser verificadas por tener relación entre ellas. De esta forma se logra que además de implementar más rápidamente los procesos establecidos por el modelo, se logre un entendimiento de tales procesos y la relación que existe entre ellos, mejorando así la comunicación y desempeño de empleados que desempeñan distintos roles en la organización.

6.4. Desarrollo de herramientas automatizadas aplicando los cuestionarios de evaluación propuestos

El desarrollo de la herramienta realizada muestra que los cambios requeridos para implementar el cuestionario propuesto en las herramientas de evaluación es mínimo, y el proceso de aplicación de los cuestionarios puede ser desarrollado aprovechando las herramientas proporcionadas por diferentes lenguajes de programación de manera intuitiva y explicativa. Esto incluye herramientas para el desarrollo de aplicaciones de escritorio como para el desarrollo de herramientas basadas en Web, que facilitan realizar evaluaciones en entornos colaborativos o donde se requiera evaluar una cantidad mayor de usuarios o que estén alejados de la ubicación donde se lleva a cabo la evaluación. Estas facilidades se deben principalmente a que la complejidad adicional requerida se manifiesta durante el proceso de desarrollo del cuestionario, mientras que el proceso de implementación requiere cambios menores, y el proceso de aplicación del cuestionario y de obtención de puntajes requiere poco tiempo al tratarse de cuestionarios con preguntas cerradas. Por esta razón, la implementación del cuestionario propuesto en herramientas automatizadas no requiere mayor trabajo que el desarrollo de herramientas tradicionales, y permite acelerar los procesos de evaluación al no requerir etapas de validación adicionales. Esta ventaja es crucial para la situación particular de PYMEs que generalmente se dedican al desarrollo de proyectos a corto plazo y cuenta con plazos de tiempo y de personal disponible reducidos para participar en las evaluaciones.

El trabajo futuro incluye los siguientes incrementos de la herramienta de evaluación desarrollada para la aplicación de los cuestionarios de evaluación y que incluye agregar los procesos restantes para evaluaciones del modelo MoProSoft completo, la posibilidad de realizar evaluaciones de diferentes modelos en una misma empresa y la posibilidad de realizar evaluaciones de diferentes empresas y poder comparar resultados de diferentes empresas de acuerdo a su desempeño para determinar mejores prácticas realizadas y que pueden ser de utilidad para empresas en las que haya procesos realizados de manera deficiente o no realizados completamente. Además se desea que dicha herramienta pueda generar planes de acción a implementar en base a las debilidades encontradas durante las evaluaciones, estos planes tendrán la ventaja de poder incluir prácticas relacionadas de acuerdo a las actividades establecidas por los modelos, de manera que pueda identificarse de raíz el origen de prácticas defectuosas y documentos faltantes durante los procesos de desarrollo. Además es deseable que se desarrollen herramientas de evaluación que aprovechen las posibilidades del desarrollo basado en Web para aplicar evaluaciones en entornos de trabajo colaborativos, y que puedan aprovechar las ventajas mencionadas de las propuestas realizadas en los cuestionarios.

6.5. Observaciones finales

Un punto clave para las empresas que desean aplicar un modelo de mejora es evaluar su situación actual, dicha evaluación suele hacerse mediante cuestionarios dada su facilidad de aplicación y para obtener los resultados. Sin embargo, realizar estas evaluaciones requiere el compromiso por parte de las personas evaluadas, que suelen estar bajo presión de obtener buenos resultados. Debido a esto al realizar evaluaciones no siempre se responde de manera veraz y no se obtienen resultados completamente fiables sobre la situación actual de las empresas. Este

problema es especialmente importante en el caso de utilizar herramientas automatizadas, ya que deben realizarse verificaciones manualmente en caso de detectar inconsistencias por lo que no es posible realizar evaluaciones totalmente automatizadas con resultados confiables.

La propuesta realizada en el presente trabajo de tesis muestra que algunos fundamentos de teoría psicométrica ya se aplican en elementos de cuestionarios existentes para evaluación de procesos software. Además, en el presente trabajo se presentan elementos que pueden ser incluidos en la elaboración de cuestionarios de evaluación, con el objetivo de mejorar la fiabilidad de las evaluaciones comparados con enfoques utilizados anteriormente donde se puede requerir una fase de verificación. Sin embargo, cualquier proceso de evaluación y de aplicación de modelos de mejora es inútil si no se cuenta con el compromiso de las empresas para participar en tales evaluaciones y para implementar las actividades propuestas en los planes de acción generados. Por lo tanto es importante que las empresas se comprometan a participar en las evaluaciones, y a destinar los recursos económicos, de personal y tiempo necesarios para llevar a cabo las actividades necesarias y de esta manera mejorar los procesos realizados y poder obtener una certificación en el modelo deseado. De esta manera las PYMES podrán competir contra grandes empresas del área en un mercado relativamente nuevo en nuestro país, al poder comprobar que cuentan con procesos y productos de calidad.

Apéndice A

Desarrollo y Mantenimiento de Software en MoProSoft¹

A.1. Definición general del proceso

A.1.1. Proceso

OPE 2. Desarrollo y Mantenimiento de Software

A.1.2. Categoría

Operación

A.1.3. Propósito

El propósito de Desarrollo y Mantenimiento de Software es la realización sistemática de las actividades de análisis, diseño, construcción, integración y pruebas de productos de software nuevos o modificados cumpliendo con los requerimientos especificados.

A.1.4. Descripción

El proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software se compone de uno o más ciclos de desarrollo. Cada ciclo está compuesto de las siguientes fases:

- Inicio: Revisión del Plan de Desarrollo por los miembros del Equipo de Trabajo para lograr un entendimiento común del proyecto y para obtener el compromiso de su realización.
- Requerimientos: Conjunto de actividades cuya finalidad es obtener la documentación de la Especificación de Requerimientos y Plan de Pruebas de Sistema, para conseguir un entendimiento común entre el cliente y el proyecto.
- Análisis y Diseño: Conjunto de actividades en las cuales se analizan los requerimientos especificados para producir una descripción de la estructura de los componentes de software, la cual servirá de base para la construcción. Como resultado se obtiene la documentación del Análisis y Diseño y Plan de Pruebas de Integración.

¹Modelo de Procesos para la Industria de Software MoProSoft Por Niveles de Capacidad de Procesos Versión 1.3, http://www.comunidadmoprosoft.org.mx/COMUNIDAD_MOPROSOFTADM/Documentos/V1.3_MoProSoft.pdf, Último acceso: Agosto de 2010

- **Construcción:** Conjunto de actividades para producir Componente(s) de software que correspondan al Análisis y Diseño, así como la realización de pruebas unitarias. Como resultado se obtienen el (los) Componente(s) de software probados.
- **Integración y Pruebas.** Conjunto de actividades para integrar y probar los componentes de software, basadas en los Planes de Pruebas de Integración y de Sistema, con la finalidad de obtener el Software que satisfaga los requerimientos especificados. Se genera la versión final del Manual de Usuario, Manual de Operación y Manual de Mantenimiento. Como resultado se obtiene el producto de Software probado y documentado.
- **Cierre:** Integración final de la Configuración de Software generada en las fases para su entrega. Identificación y documentación de las Lecciones Aprendidas. Generación del Reporte de Mediciones y Sugerencias de Mejora.

Para generar los productos de cada una de estas fases se realizan las siguientes actividades:

- Distribución de tareas, se asignan las responsabilidades de cada miembro del Equipo de Trabajo de acuerdo al Plan de Desarrollo.
- Producción, verificación, validación o prueba de los productos, así como su corrección correspondiente.
- Generación del Reporte de Actividades.

A.1.5. Objetivos

- O1 Lograr que los productos de salida sean consistentes con los productos de entrada en cada fase de un ciclo de desarrollo mediante las actividades de verificación, validación o prueba.
- O2 Sustentar la realización de ciclos posteriores o proyectos de mantenimiento futuros mediante la integración de la Configuración de Software del ciclo actual.
- O3 Llevar a cabo las actividades de las fases de un ciclo mediante el cumplimiento del Plan de Desarrollo actual.

A.1.6. Indicadores

- I1 (O1) En cada fase de un ciclo se efectúan todas las actividades de verificación, validación o prueba, así como las correcciones correspondientes.
- I2 (O2) La Configuración de Software está integrada por los productos generados en el ciclo.
- I3 (O3) Las actividades planificadas en cada fase de un ciclo se realizan conforme a lo establecido en el Plan de Desarrollo.

A.1.7. Metas cuantitativas

Valor numérico o rango de satisfacción por indicador.

A.1.8. Responsabilidad y autoridad

Responsable:

- Responsable de Desarrollo y Mantenimiento de Software

Autoridad:

- Responsable de Administración del Proyecto Específico
-

A.1.9. Procesos relacionados

- Administración de Proyectos Específicos (APE)
- Conocimiento de la Organización (CO)

A.2. Documentos asociados

A.2.1. Entradas

- Plan de Desarrollo
 - Descripción del producto
 - Entregables
 - Proceso Específico
 - Equipo de trabajo
 - Calendario

Fuente: Administración de Proyectos Específicos

A.2.2. Salidas

- Especificación de Requerimientos

Se compone de una introducción y una descripción de requerimientos.

- Introducción: Descripción general del software y su uso en el ámbito de negocio del cliente.

Descripción de requerimientos:

- Funcionales: Necesidades establecidas que debe satisfacer el software cuando es usado en condiciones específicas. Las funcionalidades deben ser adecuadas, exactas y seguras.
- Interfaz con usuario: Definición de aquellas características de la interfaz de usuario que permiten que el software sea fácil de entender, aprender, que genere satisfacción y con el cual el usuario pueda desempeñar su tarea eficientemente. Incluyendo la descripción del prototipo de la interfaz.
- Interfaces externas: Definición de las interfaces con otro software o con hardware.
- Confiabilidad: Especificación del nivel de desempeño del software con respecto a la madurez, tolerancia a fallas y recuperación.
- Eficiencia: Especificación del nivel de desempeño del software con respecto al tiempo y a la utilización de recursos.
- Mantenimiento: Descripción de los elementos que facilitarán la comprensión y la realización de las modificaciones futuras del software
- Portabilidad: Descripción de las características del software que permitan su transferencia de un ambiente a otro.
- Restricciones de diseño y construcción: Necesidades impuestas por el cliente.
- Legales y reglamentarios: Necesidades impuestas por leyes, reglamentos, entre otros.

Destino: Administración de Proyectos Específicos

- Análisis y Diseño

Este documento contiene la descripción textual y gráfica de la estructura de los componentes de software. El cual consta de las siguientes partes:

- Arquitectónica: Contiene la estructura interna del sistema, es decir la descomposición del sistema en subsistemas. Así como la identificación de los componentes que integran los subsistemas y las relaciones de interacción entre ellos.
- Detallada: Contiene el detalle de los componentes que permita de manera evidente su construcción y prueba en el ambiente de programación.

Destino: Administración de Proyectos Específicos

■ Componente

Conjunto de unidades de código relacionadas.

Destino: Administración de Proyectos Específicos

■ Software

Sistema de software, destinado a un cliente o usuario, constituido por componentes agrupados en subsistemas, posiblemente anidados.

Destino: Administración de Proyectos Específicos

■ Configuración de Software

Conjunto consistente de productos de software, que incluye:

- Especificación de Requerimientos
- Análisis y Diseño
- Software
- Registro de Rastreo
- Plan de Pruebas de Sistema
- Reporte de Pruebas de Sistema
- Plan de Pruebas de Integración
- Reporte de Pruebas de Integración
- Manual de Usuario
- Manual de Operación
- Manual de Mantenimiento

Destino: Administración de Proyectos Específicos

■ Manual de Usuario

Documento electrónico o impreso que describe la forma de uso del software con base a la interfaz del usuario. Éste deberá ser redactado en términos comprensibles a los usuarios.

Destino: Administración de Proyectos Específicos

■ Manual de Operación

Documento electrónico o impreso que contenga la información indispensable para la instalación y administración del software, así como el ambiente de operación (sistema operativo, base de datos, servidores, etc.). Éste deberá ser redactado en términos comprensibles al personal responsable de la operación.

Destino: Administración de Proyectos Específicos

■ Manual de Mantenimiento

Documento electrónico o impreso que describe la Configuración de Software y el ambiente usado para el desarrollo y pruebas (compiladores, herramientas de análisis y diseño, construcción y pruebas). Este deberá ser redactado en términos comprensibles al personal de mantenimiento.

Destino: Administración de Proyectos Específicos

- Reporte de Actividades
Registro periódico de actividades, fechas de inicio y fin, responsables y mediciones, tales como: tiempo de producción, de corrección, de verificación y de validación, defectos encontrados en verificación, validación o prueba, tamaño de productos.
Destino: Administración de Proyectos Específicos
- Lecciones Aprendidas
Registro de mejores prácticas, problemas recurrentes y experiencias exitosas en la solución de problemas, encontrados en un ciclo de desarrollo y mantenimiento.
Destino: Conocimiento de la Organización
- Reporte de Mediciones y Sugerencias de Mejora
Registro que contiene:
 - Mediciones de los indicadores del proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software
 - Sugerencias de mejora al proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software (métodos, herramientas, formatos, estándares, etc.).Destino: Administración de Proyectos Específicos
- Registro de Rastreo
Relación entre los requerimientos, elementos análisis y diseño, componentes y planes de pruebas.
Destino: Administración de Proyectos Específicos
- Plan de Pruebas de Sistema
Identificación de pruebas requeridas para el cumplimiento de los requerimientos especificados.
Destino: Administración de Proyectos Específicos
- Reporte de Pruebas de Sistema
Registro de participantes, fecha, lugar, duración y de defectos encontrados.
Destino: Administración de Proyectos Específicos
- Plan de Pruebas de Integración
Descripción que contiene:
 - El orden de integración de los componentes o subsistemas, guiado por la parte arquitectónica del Análisis y Diseño.
 - Pruebas que se aplicarán para verificar la interacción entre los componentes. Administración de Proyectos Específicos Reporte de Pruebas de Integración Registro de participantes, fecha, lugar, duración y de defectos encontrados.Destino: Administración de Proyectos Específicos
- Reporte de Pruebas de Integración
Registro de participantes, fecha, lugar, duración y de defectos encontrados.
Destino: Administración de Proyectos Específicos

A.2.3. Productos Internos

- Reporte(s) de Verificación: Registro de participantes, fecha, lugar, duración y defectos encontrados.
 - Reporte(s) de Validación: Registro de participantes, fecha, lugar, duración y defectos encontrados.
-

A.3. Prácticas

A.3.1. Roles Involucrados y capacitación

Tabla A.1: Roles involucrados en el proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software

Rol	Abreviatura	Capacitación
Responsable de Administración del Proyecto Específico	RAPE	Capacidad de liderazgo con experiencia en la toma de decisiones, planificación estratégica, manejo de personal y desarrollo de software.
Responsable de Desarrollo y Mantenimiento de Software	RDM	Conocimiento y experiencia en el desarrollo y mantenimiento de software.
Analista	AN	Conocimiento y experiencia en la obtención, especificación y análisis de los requerimientos.
Diseñador de Interfaz de Usuario	DU	Conocimiento en diseño de interfaces de usuario y criterios ergonómicos.
Diseñador	DI	Conocimiento y experiencia en el diseño de la estructura de los componentes de software.
Programador	PR	Conocimiento y/o experiencia en la programación, integración y pruebas unitarias.
Responsable de Pruebas	RPU	Conocimiento y experiencia en la planificación y realización de pruebas de integración y de sistema.
Revisor	RE	Conocimiento en las técnicas de revisión y experiencia en el desarrollo y mantenimiento de software.
Responsable de Manuales	RM	Conocimiento en las técnicas de redacción y experiencia en el desarrollo y mantenimiento de software.
Equipo de Trabajo	ET	Conocimiento y experiencia de acuerdo a su rol.
Cliente	CL	Interpretación del estándar de la especificación de requerimientos.
Usuario	US	Ninguna

A.3.2. Actividades

A.3.2.1. A1. Realización de la fase de Inicio (O3)

- A1.1. Revisar con los miembros del equipo de trabajo el Plan de Desarrollo actual para lograr un entendimiento común y obtener su compromiso con el proyecto.
- A1.2. Elaborar el Reporte de Actividades registrando las actividades realizadas, fechas de inicio y fin, responsable por actividad y mediciones requeridas.

A.3.2.2. A2. Realización de la fase de Requerimientos (O1,O3)

- A2.1. Distribuir tareas a los miembros del equipo de trabajo según su rol, de acuerdo al Plan de Desarrollo actual.
- A2.2. Documentar o modificar la Especificación de Requerimientos. Identificar y consultar fuentes de información (clientes, usuarios, sistemas previos, documentos, etc.) para obtener nuevos requerimientos. Analizar los requerimientos identificados para delimitar el alcance y su factibilidad, considerando las restricciones del ambiente del negocio del cliente o del proyecto. Elaborar o modificar el prototipo de la interfaz con el usuario. Generar o actualizar la Especificación de Requerimientos.
- A2.3. Verificar la Especificación de Requerimientos.
- A2.4. Corregir los defectos encontrados en la Especificación de Requerimientos con base en el Reporte de Verificación y obtener la aprobación de las correcciones.
- A2.5. Validar la Especificación de Requerimientos.
- A2.6. Corregir los defectos encontrados en la Especificación de Requerimientos con base en el Reporte de Validación y obtener la aprobación de las correcciones.
- A2.7. Elaborar o modificar Plan de Pruebas de Sistema.
- A2.8. Verificar el Plan de Pruebas de Sistema.
- A2.9. Corregir los defectos encontrados en el Plan de Pruebas de Sistema con base en el Reporte de Verificación y obtener la aprobación de las correcciones.
- A2.10. Documentar la versión preliminar del Manual de Usuario o modificar el manual existente.
- A2.11. Verificar el Manual de Usuario.
- A2.12. Corregir los defectos encontrados en el Manual de Usuario con base en el Reporte de Verificación y obtener la aprobación de las correcciones.
- A2.13. Incorporar Especificación de Requerimientos, Plan de Pruebas de Sistema y Manual de Usuario como líneas base a la Configuración de Software.
- A2.14. Elaborar el Reporte de Actividades registrando las actividades realizadas, fechas de inicio y fin, responsable por actividad y mediciones requeridas.

A.3.2.3. A3. Realización de la fase de Análisis y Diseño (O1,O3)

- A3.1. Distribuir tareas a los miembros del equipo de trabajo según su rol, de acuerdo al Plan de Desarrollo actual.
 - A3.2. Documentar o modificar el Análisis y Diseño: Analizar la Especificación de Requerimientos para generar la descripción de la estructura interna del sistema y su descomposición en subsistemas, y éstos a su vez en componentes, definiendo las interfaces entre ellos. Describir el detalle de la apariencia y el comportamiento de la interfaz con base en la Especificación de Requerimientos de forma que se puedan prever los recursos para su implementación. Describir el detalle de los componentes que permita su construcción de manera evidente. Generar o actualizar el Análisis y Diseño. Generar o modificar el Registro de Rastreo.
 - A3.3. Verificar el Análisis y Diseño y el Registro de Rastreo.
 - A3.4. Corregir los defectos encontrados en el Análisis y Diseño y en el Registro de Rastreo con base en el Reporte de Verificación y obtener la aprobación de las correcciones.
 - A3.5. Validar el Análisis y Diseño.
-

- A3.6. Corregir los defectos encontrados en el Análisis y Diseño con base en el Reporte de Validación y obtener la aprobación de las correcciones.
- A3.7. Elaborar o modificar Plan de Pruebas de Integración.
- A3.8. Verificar el Plan de Pruebas de Integración.
- A3.9. Corregir los defectos encontrados en el Plan de Pruebas de Integración con base en el Reporte de Verificación y obtener la aprobación de las correcciones.
- A3.10. Incorporar Análisis y Diseño, Registro de Rastreo y Plan de Pruebas de Integración como líneas base a la Configuración de Software.
- A3.11 . Elaborar el Reporte de Actividades registrando las actividades realizadas, fechas de inicio y fin, responsable por actividad y mediciones requeridas.

A.3.2.4. A4. Realización de la fase de Construcción (O1,O3)

- A4.1. Distribuir tareas a los miembros del equipo de trabajo según su rol, de acuerdo al Plan de Desarrollo actual.
- A4.2. Construir o modificar el(los) Componente(s) de software: Implementar o modificar Componente(s) con base a la parte detallada del Análisis y Diseño. Definir y aplicar pruebas unitarias para verificar que el funcionamiento de cada componente esté acorde con la parte detallada del Análisis y Diseño. Corregir los defectos encontrados hasta lograr pruebas unitarias exitosas (sin defectos). Actualizar el Registro de Rastreo, incorporando los componentes construidos o modificados.
- A4.3. Verificar el Registro de Rastreo.
- A4.4. Corregir los defectos encontrados en el Registro de Rastreo con base en el Reporte de Verificación y obtener la aprobación de las correcciones.
- A4.5. Incorporar Componentes y Registro de Rastreo como líneas base a la Configuración de Software.
- A4.6. Elaborar el Reporte de Actividades, registrando las actividades realizadas, fechas de inicio y fin, responsable por actividad y mediciones requeridas..

A.3.2.5. A5. Realización de la fase de Integración y Pruebas (O1,O3)

- A5.1. Distribuir tareas a los miembros del equipo de trabajo según su rol, de acuerdo al Plan de Desarrollo actual.
 - A5.2. Realizar integración y pruebas. Integrar los componentes en subsistemas o en el sistema del Software y aplicar las pruebas siguiendo el Plan de Pruebas de Integración, documentando los resultados en un Reporte de Pruebas de Integración. Corregir los defectos encontrados, con base en Reporte de Pruebas de Integración, hasta lograr una prueba de integración exitosa (sin defectos). Actualizar el Registro de Rastreo.
 - A5.3. Documentar el Manual de Operación o modificar el manual existente.
 - A5.4. Verificar el Manual de Operación.
 - A5.5. Corregir los defectos encontrados en el Manual de Operación con base en el Reporte de Verificación y obtener la aprobación de las correcciones.
 - A5.6. Realizar las pruebas de sistema siguiendo el Plan de Pruebas de Sistema, documentando los resultados en un Reporte de Pruebas de Sistema.
 - A5.7. Corregir los defectos encontrados en las pruebas de sistema con base en el Reporte de Pruebas de Sistema y obtener la aprobación de las correcciones.
-

- A5.8. Documentar el Manual de Usuario o modificar el existente.
- A5.9. Verificar el Manual de Usuario.
- A5.10. Corregir los defectos encontrados en el Manual de Usuario con base en el Reporte de Verificación y obtener la aprobación de las correcciones.
- A5.11. Incorporar Software, Reporte de Pruebas de Integración, Registro de Rastreo, Manual de Operación y Manual de Usuario como líneas base a la Configuración de Software.
- A5.12. Elaborar el Reporte de Actividades registrando las actividades realizadas, fechas de inicio y fin, responsable por actividad y mediciones requeridas.

A.3.2.6. A6. Realización de la fase de Cierre (O2)

- A6.1. Documentar el Manual de Mantenimiento o modificar el existente.
 - A6.2. Verificar el Manual de Mantenimiento.
 - A6.3. Corregir los defectos encontrados en el Manual de Mantenimiento con base en el Reporte de Verificación y obtener la aprobación de las correcciones.
 - A6.4. Incorporar Manual de Mantenimiento como línea base a la Configuración de Software.
 - A6.5. Identificar las Lecciones Aprendidas e integrarlas a la Base de Conocimiento. Como ejemplo, se pueden considerar mejores prácticas, experiencias exitosas de manejo de riesgos, problemas recurrentes, entre otras.
 - A6.6. Generar el Reporte de Mediciones y Sugerencias de Mejora.
 - A6.7. Elaborar el Reporte de Actividades registrando las actividades realizadas, fechas de inicio y fin, responsable por actividad y mediciones requeridas.
-

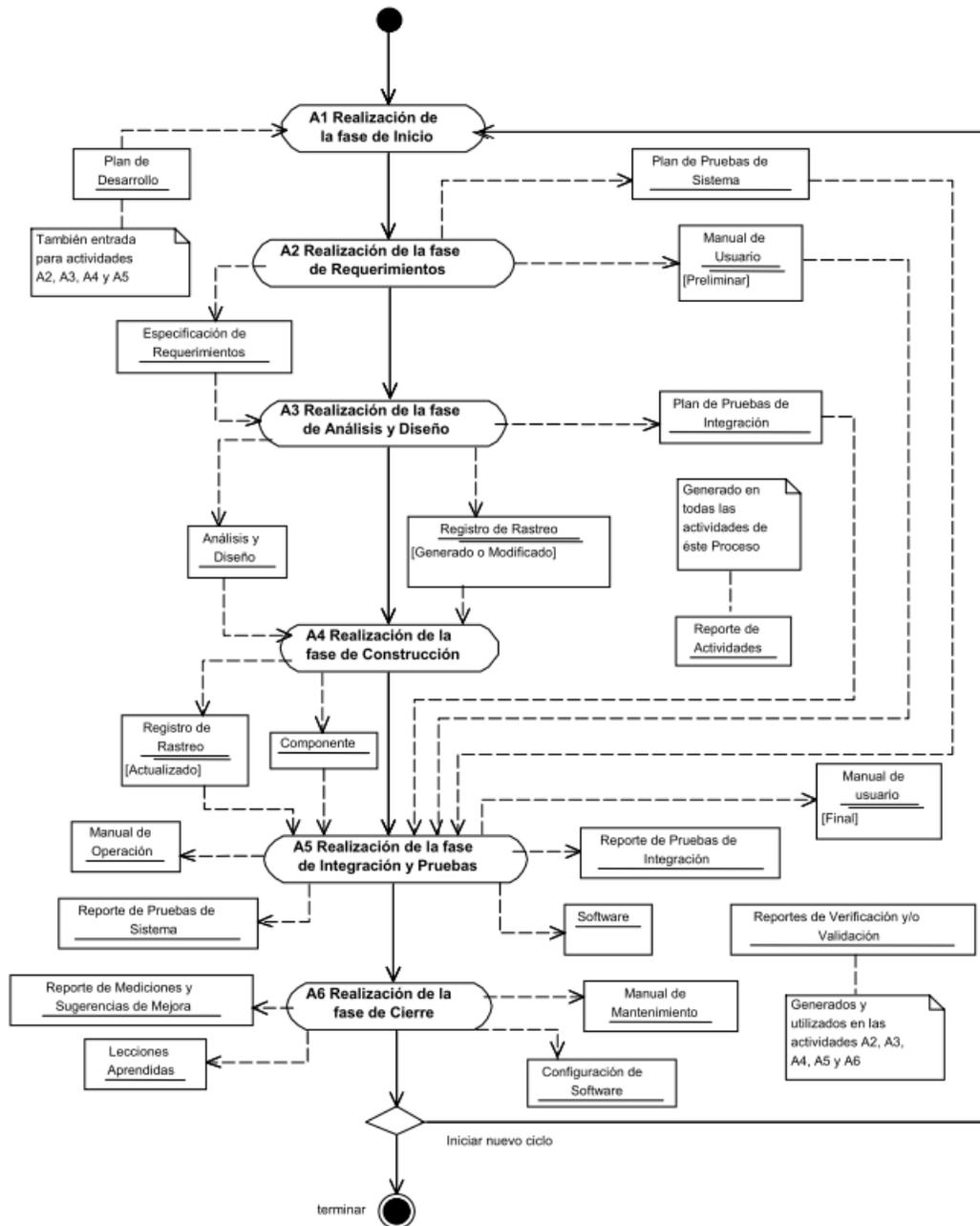


Figura A.1: Diagrama de flujo de trabajo de DMS

Apéndice B

Cuestionario utilizado en la evaluación convencional

Con el objetivo de comparar el cuestionario propuesto con las evaluaciones utilizando cuestionarios convencionales como los presentados en la Sección 2.3, se desarrolló un cuestionario

B.1. Mecanismo de evaluación

Se considera que como actividad extra a la realización de los cuestionarios, que se puede hacer una entrevista informal, en la que se pregunte acerca de los propósitos u objetivos de cada proceso con la finalidad de obtener una visión de si la persona entrevistada conoce el proceso.

Para obtener la ponderación de las preguntas con una sola respuesta se considera la siguiente puntuación :

- No, nunca = 0.00
- Mayoría no = 0.25
- A veces = 0.50
- Mayoría sí = 0.75
- Si, siempre = 1.00

Para obtener la ponderación de los elementos que deben contener los productos se considera el total de elementos dados y se divide entre la cantidad total de elementos que debió contestar.

Ejemplo:

1. A1.3¿Qué información provee ese Plan de Capacitación?
 - Cursos
 - Talleres
 - Calendarios
 - Instructores
 - Logística

Si contesta 3 de 5 entonces: corresponderá una ponderación $3/5 = 0.60$.

Cuando a un producto le corresponda 2 preguntas, frecuencia con la que se realiza y elementos que contiene el producto, se debe hacer una multiplicación de las ponderaciones para obtener una ponderación sobre el producto. Esto para obtener información adicional de la combinación de las preguntas. Por ejemplo si contesta que *Siempre* efectúan **Plan de Capacitación** (1.0), pero no expresa ninguno de los elementos que lleva el **Plan de Capacitación** (0.0) entonces la calificación sería de $1.0 \times 0.0 = 0.00$.

Esto con el fin de obtener un mecanismo para detección de errores en la aplicación de los procesos y/o actividades.

B.2. Cuestionario de evaluación

Los tipos de pregunta utilizados son los siguientes:

- ❶ Frecuencia con que se realiza un producto o actividad (Evaluación de los productos)
- ❷ Elementos que contiene el producto (Preguntas de verificación)

B.2.1. Nivel 1: Proceso Realizado

El proceso implementado logra su propósito

- El proceso alcanza los resultados

A1. Realización de la Fase de Inicio

- ❶ A1.1 ¿Se realiza el Plan de Desarrollo?
 - No, Nunca
 - Mayoría no
 - A veces
 - Mayoría sí
 - Sí, Siempre
- ❷ A1.1 ¿Que información se registra en el Plan de Desarrollo?
 - Descripción del Producto y Entregables
 - Equipo de Trabajo
 - Calendario

A2. Realización de la Fase de Requisitos

- ❶ A2.1 ¿Se realiza la distribución de tareas al equipo de trabajo de acuerdo al Plan de Desarrollo?
 - No, Nunca
 - Mayoría no
 - A veces
 - Mayoría sí
 - Sí, Siempre
 - ❶ A2.2 ¿Se realiza el documento de Especificación de Requisitos?
 - No, Nunca
 - Mayoría no
 - A veces
 - Mayoría sí
 - Sí, Siempre
 - ❷ A2.2 ¿Qué información se registra en la Especificación de Requisitos?
 - Introducción
-

- Funcionales
 - Interfaz con usuario
 - Interfaces con otro software y hardware
 - Confiabilidad
 - Eficiencia
 - Mantenimiento
 - Portabilidad
 - Interoperatividad
 - Reusabilidad
 - Restricciones de diseño y construcción
 - Legales y reglamentarios
- ❶ A2.3 ¿Se realiza un Manual de Usuario Preliminar?
- No, Nunca
 - Mayoría no
 - A veces
 - Mayoría sí
 - Sí, Siempre

A3. Realización de la Fase de Análisis y Diseño

- ❶ A3.1 ¿Se realiza la distribución de tareas al equipo de trabajo de acuerdo al Plan de Desarrollo?
- No, Nunca
 - Mayoría no
 - A veces
 - Mayoría sí
 - Sí, Siempre
- ❶ A3.2 ¿Se realiza el documento de Análisis y Diseño?
- No, Nunca
 - Mayoría no
 - A veces
 - Mayoría sí
 - Sí, Siempre
- ❷ A3.2 ¿Qué incluye el documento de Análisis y Diseño?
- Descripción Arquitectónica
 - Descripción Detallada
-

A4. Realización de la Fase de Construcción

- ❶ A4.1 ¿Se realiza la distribución de tareas al equipo de trabajo de acuerdo al Plan de Desarrollo?
 - No, Nunca
 - Mayoría no
 - A veces
 - Mayoría sí
 - Sí, Siempre

- ❶ A4.2 ¿Se realiza la construcción de Componente(s) de Software?
 - No, Nunca
 - Mayoría no
 - A veces
 - Mayoría sí
 - Sí, Siempre

- ❷ A4.2 ¿En qué se basa la construcción de Componente(s) de Software?
 - Descripción Detallada de Análisis y Diseño

A5. Realización de la Fase de Integración y Pruebas

- ❶ A5.1 ¿Se realiza la distribución de tareas al equipo de trabajo de acuerdo al Plan de Desarrollo?
 - No, Nunca
 - Mayoría no
 - A veces
 - Mayoría sí
 - Sí, Siempre

 - ❶ A5.2 ¿Se realiza la Integración de Componentes?
 - No, Nunca
 - Mayoría no
 - A veces
 - Mayoría sí
 - Sí, Siempre

 - ❶ A5.2 ¿Se realiza el de Manual de Operación?
 - No, Nunca
 - Mayoría no
 - A veces
 - Mayoría sí
 - Sí, Siempre

 - ❶ A5.3 ¿Se realiza el Manual de Usuario?
-

- No, Nunca
 - Mayoría no
 - A veces
 - Mayoría sí
 - Sí, Siempre
- ❶ A5.4 ¿Se realiza el documento de Configuración de Software?
- No, Nunca
 - Mayoría no
 - A veces
 - Mayoría sí
 - Sí, Siempre
- ❷ A5.4 ¿Qué incluye el documento de Configuración de Software?
- Especificación de Requisitos
 - Análisis y Diseño
 - Software
 - Manual de Usuario
 - Manual de Operación
-

Apéndice C

Implementación de una herramienta automatizada utilizando el cuestionario desarrollado

El objetivo de desarrollar una herramienta automatizada de evaluación es verificar que los cuestionarios desarrollados aplicando principios psicométricos pueden ser utilizados en tales herramientas y de esta forma poder ser aplicados en un entorno real. Esto con el objetivo de que aplicando tales cuestionarios puedan aprovecharse los beneficios que otorgan las herramientas automatizadas, tanto en la aplicación de la evaluación como en el cómputo y análisis de los resultados. Entre los principales beneficios de la utilización de herramientas computarizadas para realizar las evaluaciones se incluye la automatización de las tareas manuales, disminuir la cantidad de errores, facilitar la gestión de actividades e incrementar la eficiencia de los procesos y la calidad de los productos [Hey-Chyi et al., 2006]. Investigaciones como las realizadas en [Lok and Walker, 1997, Meisenbacher, 2005, García et al., 2010] proponen también la utilización de herramientas automatizadas para la gestión y evaluación de procesos.

C.1. Desarrollo de la herramienta de evaluación

Para la implementación de la herramienta de evaluación se ha utilizado el modelo de desarrollo secuencial [Pressman, 2010] en el proceso de desarrollo. En la Figura C.1 se muestran las etapas del modelo de desarrollo secuencial aplicadas al desarrollo de la herramienta de evaluación.

C.2. Definición de de requerimientos

La identificación de posibles requerimientos se ha llevado a cabo considerando el alcance de la herramienta, enfocada a PYMEs. El conjunto de requerimientos identificados para el desarrollo de la herramienta incluye:

- La herramienta debe permitir la aplicación de los cuestionarios de evaluación a los empleados de la organización.
- La herramienta debe permitir configurar los parámetros de las evaluaciones (Procesos a evaluar, personal involucrado en las evaluaciones, nivel de madurez/capacidad a evaluar)
- Se deben proporcionar instrucciones claras sobre la forma correcta de responder a las preguntas del cuestionario.
- Se debe proporcionar un mecanismo para autenticar a los usuarios.
- Se deben generar reportes incluyendo estadísticas descriptivas sobre las evaluaciones realizadas en la organización.

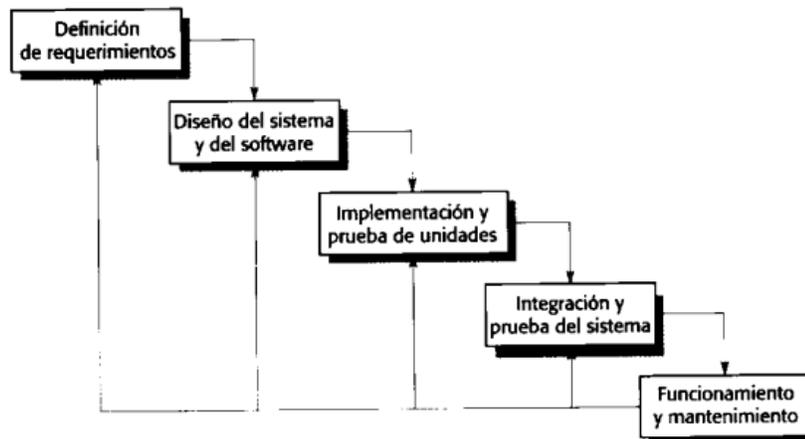


Figura C.1: Etapas del desarrollo incremental [Sommerville, 2005, 62]

C.3. Diseño de la arquitectura del sistema

La Figura C.2 muestra la arquitectura básica del sistema, considerando los tipos de usuario de acuerdo a los privilegios asignados y el tipo de información al que tienen acceso.

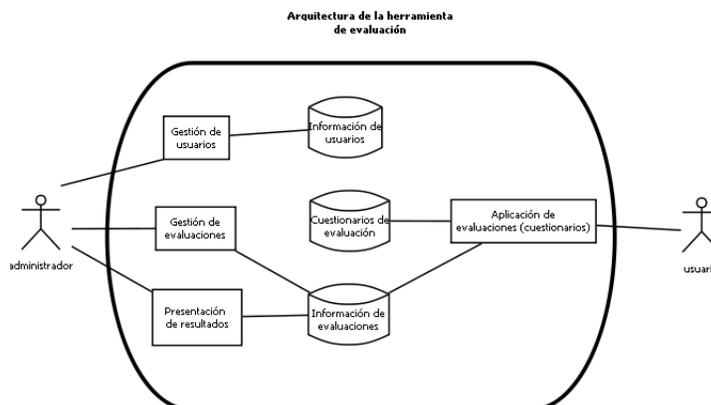


Figura C.2: Arquitectura de la herramienta desarrollada

La información relacionada con los cuestionarios de evaluación incluye las preguntas del cuestionario propuesto información sobre el proceso y el nivel de las preguntas elaboradas, así como las opciones y respuestas correctas para cada pregunta. Con esta información se calculan los puntajes asignados para cada pregunta.

La información de los usuarios incluye los datos necesarios para el control de acceso en la herramienta, como son el nombre de usuario y contraseña en el sistema. Además, incluye información de los usuarios referente al rol que desempeñan respecto a modelo MoProSoft, lo que permite determinar junto con la configuración de nivel y procesos a evaluar el cuestionario que debe aplicarse para cada empleado.

La información de las evaluaciones incluye los resultados de cada evaluación una vez terminada, que permite a los administradores analizar los resultados y generar los reportes respecto a las evaluaciones.

C.4. Desarrollo del sistema

El objetivo del desarrollo es obtener una herramienta para realizar evaluaciones utilizando el cuestionario desarrollado. La justificación para esto es que no solo es importante determinar la factibilidad de aplicar principios psicométricos en las evaluaciones, sino que también es factible integrar estos cuestionarios en herramientas automatizadas de evaluación para facilitar su aplicación en las organizaciones. Para esto es necesario considerar los factores propuestos en el cuestionario desarrollado y utilizar las herramientas proporcionadas por los lenguajes de programación para su implementación.

C.4.1. Principios psicométricos aplicables en cuestionarios de evaluación automatizados

Tal como se describe en [Tornimbeni et al., 2008] y [Cortada de Kohan, 1999] entre otros, el proceso de desarrollo de los tests de evaluación incluye no solamente su elaboración, sino también los factores que pueden influir en la aplicación de los test y afectan su confiabilidad, principalmente al modificar las conductas de las personas evaluadas. En el caso específico de herramientas automatizadas estos factores deben considerarse durante la implementación de la herramienta, de manera que permitan que las condiciones para la aplicación de los tests sean lo más uniformes posibles.

C.4.1.1. Instrucciones

Es importante que los examinados tengan claro el procedimiento para la aplicación del cuestionario, por esta razón las instrucciones tienen que ser claras y unívocas y además estar disponibles en cualquier momento para ser consultadas por las personas examinadas. En la herramienta desarrollada, dichas instrucciones se muestran antes de iniciar la aplicación del cuestionario, y se requiere confirmación del usuario sobre el entendimiento de estas instrucciones. Adicionalmente, las instrucciones están disponibles durante todo el proceso de evaluación en una pantalla de ayuda, la cual está señalizada y a la vista del usuario.

No solo la presentación, sino también el contenido de las instrucciones es clave para el proceso de evaluación, el conjunto de instrucciones mostradas debe incluir mínimamente la siguiente información:

- Como indicar la respuesta.- Esto incluye los distintos tipos de pregunta que incluye el test, la forma de responder cada tipo y la variación de posibles respuestas en cada tipo de pregunta. Para cada tipo de pregunta existente en el cuestionario se muestra su formato, el modo de contestar la pregunta, el tipo y la cantidad de respuestas posibles
- El tiempo de que dispone.- Se debe dar un tiempo razonable para que todos los examinados terminen, el tiempo está determinado por el promedio de tiempo requerido por los involucrados en las pruebas piloto del cuestionario. Es importante que este tiempo esté claramente indicado antes de iniciar la evaluación, sin embargo, durante la evaluación el tiempo disponible no se mostrará de manera permanente en la pantalla con el objetivo de que los examinados se concentren solamente en responder las preguntas y no haya distracciones, sin embargo, también será posible visualizar el tiempo restante mediante una opción en los menús disponibles.

C.4.1.2. Incluir más de un tipo de ítem

El objetivo es que el cuestionario sea menos monótono para los examinados. Con esto se obliga a las personas evaluadas a examinar con atención cada pregunta y la forma de responderla de manera que se limita la posibilidad de obtener respuestas correctas contestando al azar o haciendo trampa. En este caso se incluyen los 4 tipos de ítems que fueron descritos en la Sección 4.1. Para su implementación es posible aprovechar los recursos para la creación de interfaces gráficas de usuario de los distintos lenguajes de alto nivel disponibles, llamados Widgets. En la Figura C.3 se muestran las herramientas utilizadas en la aplicación de cuestionarios como sigue:

- Es posible utilizar *RadioButtons* para implementar las preguntas de opción múltiple con selección de respuesta única
-

- Para las preguntas de opción múltiple con varias respuestas, se utilizan los elementos llamados *CheckBox*.
- Para las respuestas numéricas se utilizan los campos de texto comúnmente llamados *TextFields*, es posible implementar validaciones para permitir solamente entradas numéricas al escribir las respuestas.



Figura C.3: Herramientas para captura de respuestas en los lenguajes de programación

C.4.1.3. Regularidad de respuestas

La regularidad de las respuestas se refiere a la existencia de patrones o repeticiones en la distribución de las posibles respuestas, y facilita la adivinación de respuestas en los cuestionarios de evaluación. En la elaboración de herramientas automatizadas es posible aprovechar dos factores para eliminar la regularidad de las respuestas:

1. La variación de preguntas mostrada en la sección C.4.1.2 permite eliminar la regularidad de las respuestas al existir distintos tipos de opciones y de respuestas.
2. Inclusión de tablas de azar para mostrar las respuestas, lo que permite eliminar la regularidad no solo en la distribución en las respuestas de un cuestionario sino también entre distintas evaluaciones disminuyendo el riesgo de copiar o memorizar las respuestas del cuestionario para posteriores aplicaciones (ver Figura C.4). Crear tablas de azar para la distribución de las respuestas es un proceso trivial en cualquier lenguaje de alto nivel mediante el uso de arreglos y generación de números pseudo-aleatorios.

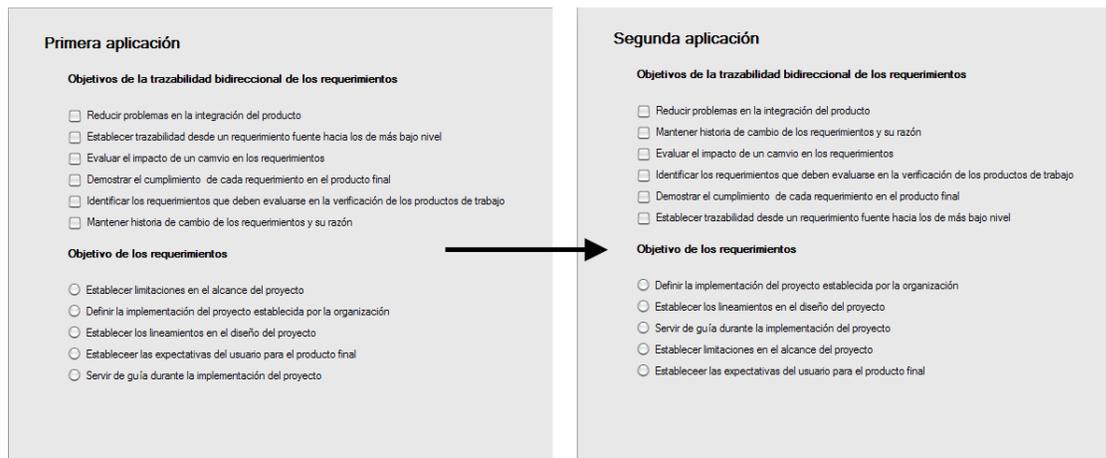


Figura C.4: Distribución de respuestas en aplicaciones consecutivas de la evaluación

C.5. Casos de uso del sistema

La Figura C.5 muestra el diagrama de casos de uso identificados para la herramienta desarrollada, incluyendo solamente los casos principales para las operaciones realizadas por los usuarios de la herramienta y los casos de uso requeridos por éstos.

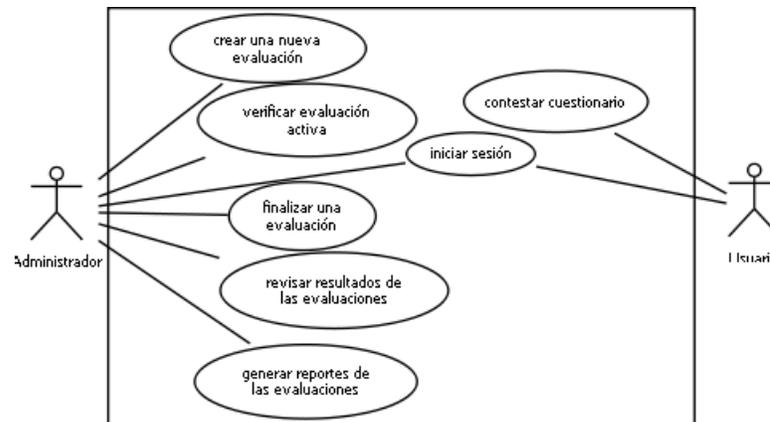


Figura C.5: Diagrama de casos de uso de la herramienta implementada

C.5.1. Caso de uso: Iniciar sesión

Objetivo

Obtener acceso al sistema

Descripción

Un usuario o administrador accede al sistema con su nombre de usuario y contraseña para realizar o gestionar evaluaciones.

Actores

- Administrador
- Usuario

Flujo de eventos

- Escenario: “Acceso de administrador”
 1. El administrador escribe su nombre de usuario y contraseña en la pantalla de login del sistema.
 2. El sistema verifica los datos y muestra la pantalla principal del administrador.
 3. Fin del caso de uso
- Escenario: “Acceso de usuario”
 1. El usuario escribe su nombre de usuario y contraseña en la pantalla de login del sistema.
 2. El sistema verifica los datos y muestra la pantalla principal del usuario.
 3. Fin del caso de uso
- Escenario: “Error de acceso, nombre o contraseña incorrectos”
 1. El nombre de usuario y/o contraseña son incorrectos
 2. Notificar al usuario el error durante el acceso
 3. Reiniciar el caso de uso

Precondiciones

Ejecutar la herramienta de evaluación

Respuesta

El usuario y/o administrador accede al sistema.

C.5.2. Caso de uso: Crear una nueva evaluación**Objetivo**

Crear y configurar una evaluación sobre procesos elegidos del modelo MoProSoft a ser aplicada en la empresa

Descripción

El administrador desea realizar una nueva evaluación en la empresa, procediendo a configurar los procesos, personal involucrado y nivel del modelo a evaluar para iniciar la evaluación.

Actores

- Administrador

Flujo de eventos

1. El administrador elige la opción de crear una nueva evaluación.
2. El administrador elige el nivel y los roles a evaluar.
3. El administrador eligen los usuarios a evaluar.
4. El administrador guarda la configuración elegida para la evaluación
5. Se crea una nueva evaluación activa
6. Fin del caso de uso

Precondiciones

- Administrador inicia sesión.
- No existen evaluaciones activas.

Respuesta

- Se crea una nueva evaluación que el administrador puede monitorear.
- Los usuarios elegidos al configurar la evaluación pueden contestar el cuestionario asignado a su rol.

C.5.3. Caso de uso: Verificar evaluación activa**Objetivo**

Verificar el estado de una evaluación en curso realizada en la herramienta.

Descripción

El administrador desea verificar el estado de una evaluación que se encuentra activa, se muestran datos de la evaluación como son la fecha de inicio, nivel y procesos a evaluar además de los usuarios ya evaluados y los que faltan por ser evaluados.

Actores

- Administrador

Flujo de eventos

1. El administrador elige la opción de verificar una evaluación activa.
2. La herramienta muestra los datos de la evaluación (fecha de inicio, nivel y procesos evaluados) y de los usuarios involucrados (usuarios ya evaluados y los que faltan por evaluar).
3. El administrador elige aceptar para cerrar la pantalla de información
4. Fin del caso de uso.

Precondiciones

- Debe existir una evaluación activa.
- Administrador inicia sesión.

Respuesta

Se muestra al administrador la pantalla que contiene la información de la evaluación activa.

C.5.4. Caso de uso: Finalizar evaluación existente

Objetivo

Una vez que se ha iniciado una evaluación en la empresa, el administrador debe finalizarla con esta opción para calcular los resultados.

Descripción

El administrador finaliza la evaluación una vez que todos los usuarios han sido evaluados, o en caso de que haya usuarios pendientes por evaluar estos no serán tomados en cuenta para la evaluación.

Actores

- Administrador

Flujo de eventos

- Escenario: "Finalizar evaluación"
1. El administrador decide finalizar una evaluación activa una vez que todos los usuarios involucrados han sido evaluados.
 2. La evaluación se registra como finalizada para ser utilizada al calcular resultados de evaluaciones.
-

3. Fin del caso de uso

- Escenario: “Finalizar evaluación, esperar”

1. El administrador decide finalizar una evaluación activa una vez que todos los usuarios involucrados han sido evaluados.
2. En caso de existir usuarios pendientes por evaluar se pregunta al administrador que acción desea realizar.
3. El administrador decide no finalizar la evaluación.
4. Volver a la pantalla principal del administrador.
5. Fin del caso de uso.

- Escenario: “Finalizar evaluación, descartar usuarios”

1. El administrador decide finalizar una evaluación activa una vez que todos los usuarios involucrados han sido evaluados.
2. En caso de existir usuarios pendientes por evaluar se pregunta al administrador que acción desea realizar.
3. El administrador decide finalizar la evaluación.
4. Se descarta a los usuarios que estaban pendientes por ser evaluados
5. La evaluación se registra como finalizada para ser utilizada al calcular resultados de evaluaciones.
6. Fin del caso de uso

Precondiciones

- Debe existir una evaluación activa.
- Administrador inicia sesión.

Respuesta

C.5.5. Caso de uso: Revisar resultados

Objetivo

Mostrar al administrador los resultados de las evaluaciones realizadas, incluyendo información relevante sobre los resultados obtenidos y generar reportes si lo desea el administrador

Descripción

El administrador elige la opción de mostrar resultados, y se le muestran las evaluaciones ya realizadas para ver resultados y generar reportes si lo desea

Actores

- Administrador
-

Flujo de eventos

- Escenario: “Revisar resultados”
 1. El administrador elige la opción de revisar resultados
 2. El sistema muestra las evaluaciones disponibles
 3. El administrador elige la evaluación o evaluaciones que desea revisar
 4. El sistema muestra los resultados de las evaluaciones seleccionadas
 5. Fin del caso de uso

- Escenario: “Generar reportes”
 1. El administrador elige la opción de revisar resultados
 2. El sistema muestra las evaluaciones disponibles
 3. El administrador elige la evaluación o evaluaciones que desea revisar
 4. El sistema muestra los resultados de las evaluaciones seleccionadas
 5. El administrador elige la opción de generar reportes de los resultados mostrados
 6. El administrador elige el formato para los reportes creados
 7. Los reportes son generados de acuerdo a las opciones elegidas por el administrador
 8. Fin del caso de uso

Precondiciones

- Administrador inicia sesión.
- Debe existir al menos una evaluación finalizada.

Respuesta

Se muestran al administrador los resultados de las evaluaciones elegidas, se generan reportes en distintos formatos de los resultados.

C.5.6. Caso de uso: Contestar cuestionarios

Objetivo

Los usuarios que participan en la evaluación deben contestar el cuestionario asignado para obtener los puntajes respectivos y calcular los resultados de la evaluación.

Descripción

Los usuarios que inician sesión en el sistema contestan el cuestionario de evaluación si fueron incluidos en la evaluación, utilizando el formato propuesto para el cuestionario y mostrando instrucciones pertinentes a los usuarios.

Actores

- Usuarios
-

Flujo de eventos

- Escenario: “Contestar cuestionario completo”
 1. El usuario elige la opción de contestar cuestionario.
 2. El sistema le muestra al usuario las instrucciones para contestar.
 3. El usuario elige la opción de iniciar la evaluación.
 4. El sistema muestra al usuario las preguntas en el formato del cuestionario de evaluación.
 5. El usuario responde a todas las preguntas del cuestionario.
 6. El usuario elige la opción de finalizar la evaluación
 7. Se almacenan los resultados y se regresa a la pantalla principal
 8. Fin del caso de uso

- Escenario: “Contestar cuestionario incompleto”
 1. El usuario elige la opción de contestar cuestionario.
 2. El sistema le muestra al usuario las instrucciones para contestar.
 3. El usuario elige la opción de iniciar la evaluación.
 4. El sistema muestra al usuario las preguntas en el formato del cuestionario de evaluación.
 5. El usuario elige la opción de finalizar la evaluación sin haber respondido todas las preguntas.
 6. Las preguntas faltantes se consideran como incorrectas (0 puntos)
 7. Se almacenan los resultados y se regresa a la pantalla principal.
 8. Fin del caso de uso

Precondiciones

- Usuario inicia sesión.
- Usuario participa en la evaluación.
- Usuario aún no ha respondido el cuestionario de evaluación.

Respuesta

Se muestra al usuario el cuestionario de evaluación de acuerdo al rol que desempeña en la empresa y al formato para responder, el cual se muestran en las instrucciones.

C.6. Funcionamiento de la herramienta desarrollada

La herramienta implementada para aplicar los cuestionarios de evaluación ha sido desarrollada utilizando el lenguaje de programación Java¹ y MySQL² como gestor de base de datos para almacenar la información referente a los usuarios a ser evaluados, la información de los roles y actividades del modelo y los resultados obtenidos de la aplicación de los cuestionarios. Ambas herramientas están disponibles de manera gratuita lo que las hace accesibles a las empresas. El uso de MySQL como gestor de base de datos permite además realizar herramientas en otros lenguajes ya sea de escritorio o basadas en Web de acuerdo a las necesidades de las empresas y trabajar con los mismos datos con las herramientas que cada lenguaje proporciona para trabajar con bases de datos.

¹<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/overview/index.html>

²<http://www.mysql.com/>

C.6.1. Elementos incluidos en la herramienta de evaluación

La Figura C.6 muestra la configuración de evaluaciones en la herramienta de evaluación desarrollada, en la herramienta es posible seleccionar los procesos a evaluar y el nivel en que se hará la evaluación, en el caso del modelo MoProSoft, las evaluaciones pueden abarcar del Nivel 1 al 5, cuyo significado se muestra en la Tabla 2.3

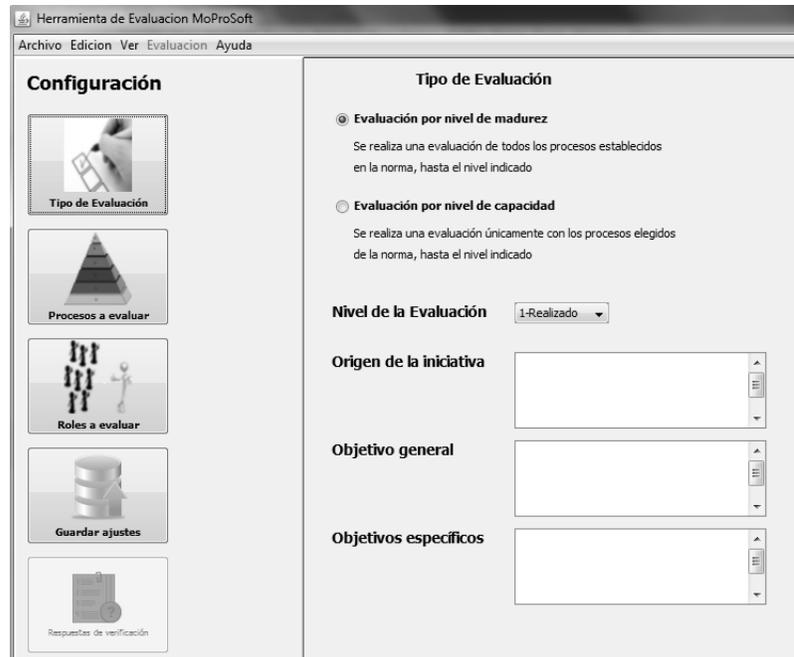


Figura C.6: Configuración de evaluaciones en la herramienta desarrollada

La Figura C.7 muestra la aplicación del cuestionario de evaluación en la herramienta desarrollada, en la que se muestra la aplicación de las preguntas del cuestionario por secciones, el formato de los tipos de pregunta propuestos utilizando las herramientas proporcionadas por el lenguaje de programación y la información disponible que se incluye durante la aplicación del cuestionario, como es el tiempo disponible para contestar y las instrucciones para el usuario que desee consultarlas.

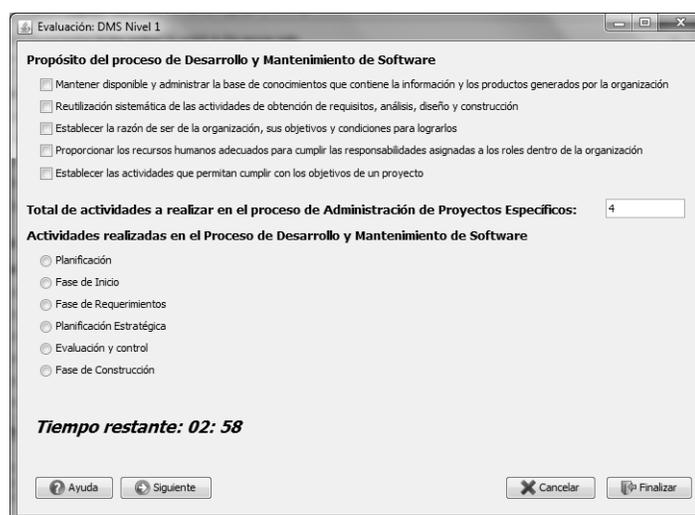


Figura C.7: Aplicación de cuestionario en la herramienta desarrollada

La Figura C.8 muestra un ejemplo del reporte de resultados generado a partir de la evaluación aplicada, que incluye

los procesos en los que se detectaron inconsistencias y las actividades sugeridas a implementar o verificar.

Configuración

- Tipo de Evaluación
- Procesos a evaluar
- Roles a evaluar
- Guardar ajustes
- Respuestas de verificación
- Finalizar evaluaci...

INFORME DE RESULTADOS

Origen de la iniciativa: Se pretende mejorar la calidad de los productos software, debido a que se han detectado fallas en los procesos que se realizan para el desarrollo de los mismos.

Objetivo General: Mejorar la calidad de los productos Software.

Objetivo Específicos:

- Identificar las debilidades del proceso actual de la empresa.
- Obtener datos cuantitativos sobre el rendimiento de los proceso y establecer un plan de acción.

Tipo de Evaluación: Capacidad

Periodo de Evaluación: del lunes 28 junio al domingo 22 agosto

Procesos Evaluados:

Nombre del proceso: Administración de Proyectos Específicos

Propósito del proceso: El propósito de la Administración de Proyectos Específicos es establecer y llevar a cabo

Actividades que no se desarrollan completamente y en las cuales se detectaron debilidades:

Administración de Proyectos Específicos

- Asignar formalmente al Responsable de Gestión de Proyectos.
- Revisar con el Responsable de Gestión de Proyectos la Descripción del Proyecto.
- Elaborar el Plan de Adquisiciones y Capacitación, definiendo las características y el calendario en cuanto a recursos
- Conformar el Equipo de Trabajo, asignando roles y responsabilidades basándose en la Descripción del Proyecto.
- Identificar debilidades en las áreas que pueden afectar el éxito, sus sistemas de apoyo relacionados con el proceso

Figura C.8: Ejemplo de reporte generado en la herramienta desarrollada

Apéndice D

Acta de publicación

Psychometric Theory applied to Questionnaire-Based Appraisals on Software Process Assessments: An initial report

Garcia, Ivan & Andrade, Gabriel
Postgraduate Department
Technological University of the Mixtec Region
Huajuapán de León, Oaxaca (Mexico) <http://www.utm.mx>
{ivan@mixteco.utm.mx; gandrade@mixteco.utm.mx}

Abstract—Adopting a software process model for organizations requires them to begin with an appraisal of their current processes. However, the current existing automated tools for process assessments can not verify the authenticity of answers and are therefore limited in their reliability level depending only in the employees’ responses. This paper presents our research in psychometric theory applied to questionnaire-based appraisals to determine feasibility of combining them together to develop a reliable assessment tool to provide more reliable evidences about organizations’ current maturity/capability level. We have found a lot of work can be done to improve appraisals questionnaires with psychometric theory and we show here areas that can be improved and first steps in how it can be done.

Index Terms—Appraisals, software process improvement, questionnaire, psychometric theory

I. INTRODUCTION

Over the last years, more organizations have become concerned about Software Process Improvement (SPI). Consequently they have decided to adopt international initiatives related to SPI, such as Capability Maturity Model Integration for Development v1.2 (CMMI-DEV) [23] and ISO/IEC 15504:2004 [1]. In Mexico, SPI has become more important with the emergence of Small and Medium Enterprises (SMEs) dedicated to Software Development representing over 80% of all enterprises engaged in this activity (see Table I) [22].

With the aim of enabling those enterprises to compete with larger organizations in Mexico, most of them have shown interest in SPI models. These advances are verified with information from the same study. According to the results, about 20% of the organizations exceed capability level 2 of SPICE appraisal model [12].

TABLE I. SOFTWARE AND TI ORGANIZATIONS IN MEXICO CITY AND NUEVO LEON

Size	Number of employees	Total number of organizations	%
Micro	1 to 19	619	41%
Small	11 to 50	629	42%
Medium	51 to 100	130	9%
Large	More than 100	114	8%
	Total	1492	100%

However, the total balance of the same study shows that the average maturity level of all organizations is less than 1, as shown in Figure 1. This means that the most of the organizations do not perform their processes causing among other things to not meet deadlines of projects, that the products delivered do not meet the expectations of clients or projects that exceed budget constraints. According to the study there are bases for improving processes of these companies, however they must invest time and resources in its implementation in the organizations. Unfortunately many organizations do not consider the adoption of any process model in their plans, especially by the idea that the implementation of these models is very expensive and time consuming. However, researches such as those made in [27][21][17][9][24] show that there are viable alternatives for SMEs wishing to adopt a process model.

The first step to apply a software process model consists on assess the current organization’s processes. Hence choosing and adequate appraisal method becomes a crucial step to determine its current status in an accurate and reliable way.

Nowadays, there are automated tools available which allow organizations to assess their current processes using questionnaire-based appraisals (QBA) [14]. Nevertheless all of these tools can be effective only according to the information provided by the organizations in their assessments. Several factors can affect the appraisal including employee’s skills, the questionnaire’s degree of difficulty and different answering styles like randomly choosing answers. Moreover, it can be possible to falsify answers knowing specific activities of the model being evaluated even if the organization does not implement those processes only to obtain a better degree in the organization’s current capability/maturity level.

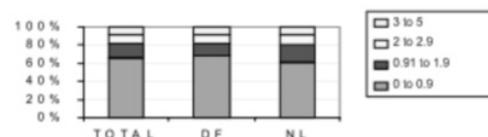


Figure 1. Maturity level by region

Applying the Psychometric Theory to Questionnaire-Based Appraisals for Software Process Improvement

Garcia, Ivan., Pacheco, Carla & Andrade, Gabriel

Postgraduate Department

Technological University of the Mixtec Region

Huajuapán de León, Oaxaca (Mexico) <http://www.utm.mx>

{ivan@mixteco.utm.mx; leninca@mixteco.utm.mx ;gandrade@mixteco.utm.mx}

Abstract—Software Process Assessments is a key factor within organizations to determine their current capability/maturity level and to adopt a Software Process Improvement initiative. Their chance of success using a standard model is determined by a reliable assessment of their current processes and in determining which processes need to be improved. However, the current existing automated tools for process assessments, can not verify the authenticity of answers, and are therefore limited in their reliability level depending only on the employees’ responses. This paper presents our research in psychometric theory applied to questionnaire-based appraisals; to determine the feasibility of combining them together in order to develop a reliable assessment mechanism providing more reliable evidence about the organizations’ current maturity/capability level. We have found that current existing tools implicitly include some elements of psychometric theory but more can be included. Thus, this paper presents a first attempt to formally integrate the psychometric theory into the questionnaire-based appraisals.

Keywords—Appraisals, software process improvement, questionnaire-based appraisals, psychometric theory

I. INTRODUCTION

Over the last years, more organizations have become concerned about Software Process Improvement (SPI). Consequently they have decided to adopt international initiatives related to SPI, such as Capability Maturity Model Integration for Development v1.2 (CMMI-DEV) [23] and ISO/IEC 15504:2004 [1]. In Mexico, SPI has become more important with the emergence of Small and Medium Enterprises (SMEs) dedicated to Software Development representing over 80% of all enterprises engaged in this activity (see Table I) [22].

TABLE I. SOFTWARE AND TI ORGANIZATIONS IN MEXICO CITY AND NUEVO LEON

Size	Number of employees	Total number of organizations	%
Micro	1 to 19	619	41%
Small	11 to 50	629	42%
Medium	51 to 100	130	9%
Large	More than 100	114	8%
Total		1492	100%

With the aim of enabling those enterprises to compete with larger organizations in Mexico, most of them have

shown interest in SPI models. These advances are verified with information from the same study. According to the results, about 20% of the organizations exceed capability level 2 of SPICE appraisal model [12].

However, the total balance of the same study shows that the average maturity level of all organizations is less than 1, as shown in Figure 1. This means that the most of the organizations do not perform their processes causing among other things to not meet deadlines of projects, that the products delivered do not meet the expectations of clients or projects that exceed budget constraints. According to the study there are bases for improving processes of these companies, however they must invest time and resources in its implementation in the organizations. Unfortunately many organizations do not consider the adoption of any process model in their plans, especially by the idea that the implementation of these models is very expensive and time consuming. However, researches such as those made in [27][21][17][9][24] show that there are viable alternatives for SMEs wishing to adopt a process model.

The first step to apply a software process model consists on assess the current organization’s processes. Hence choosing and adequate appraisal method becomes a crucial step to determine its current status in an accurate and reliable way. Nowadays, there are automated tools available which allow organizations to assess their current processes using questionnaire-based appraisals (QBA) [14]. Nevertheless all of these tools can be effective only according to the information provided by the organizations in their assessments. Several factors can affect the appraisal including employee’s skills, the questionnaire’s degree of difficulty and different answering styles like randomly choosing answers. Moreover, it can be possible to falsify answers knowing specific activities of the model being evaluated even if the organization does not implement those processes only to obtain a better degree in the organization’s current capability/maturity level.

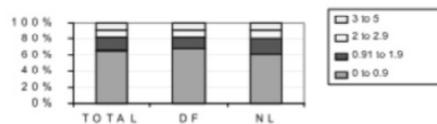


Figure 1. Maturity level by region

Desarrollo de una herramienta de autoevaluación para agilizar el tiempo de adopción de la Norma NMX-059-NYCE-2005

Ambrosio, M., Andrade, G., Cruz, G., García, I., García, J., José, M., Ortiz, R., Sánchez, H.
División de Estudios de Posgrado, Universidad Tecnológica de la Mixteca
{mambrosio,gandrade,gcruzg,ivan,jgarcia,josem,romano,hsanchez}@mixteco.utm.mx

Resumen—En los últimos años, la industria de desarrollo Software ha cobrado gran importancia en nuestro país. Sin embargo, las pequeñas empresas que representan la gran mayoría de la industria suelen estar en desventaja ante grandes empresas nacionales e internacionales certificadas en modelos y/o estándares de calidad para el proceso de desarrollo software. Por esta razón la iniciativa ProSoft desarrolló la norma mexicana NMX-059-NYCE-2005 enfocada a las pequeñas y medianas empresas del país que desean mejorar la calidad de sus procesos. Sin embargo, generalmente las empresas no saben por donde iniciar la implementación de la norma en sus procesos y no cuentan con suficiente información respecto a las actividades que requieren ser mejoradas o implementadas por primera vez. El presente trabajo muestra la investigación llevada a cabo como parte de las actividades realizadas en la División de Estudios de Posgrado de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, las cuales están enfocadas en proporcionar a las pequeñas empresas herramientas que les permitan agilizar la adopción de la norma en base a la aplicación de autoevaluaciones para detectar fortalezas y debilidades y generar planes de acción, y que sean costeables dada la situación particular de este tipo de empresas en el país.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la industria Software ha adquirido gran protagonismo en la actividad económica de nuestro país, esto debido al surgimiento de empresas dedicadas al desarrollo de software, principalmente Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES), que en el 2004 representaban el 91.8% de la industria software en nuestro país [18]. Debido a esto, la Secretaría de Economía desarrolló el Modelo de Procesos para la Industria del Software (MoProSoft) [12] estandarizado bajo la norma NMX-059-NYCE-2005, enfocada principalmente a las PYMES que no cuentan con recursos suficientes para adoptar otros modelos enfocados a las grandes empresas como CMMI-DEV v1.2 [19], ISO/IEC 15504:2004 [9] o ISO/IEC 12207:2004 [8]. Sin embargo, las empresas que desean adoptar la norma encuentran dificultades durante su implantación, ya sea porque es difícil desechar totalmente sus procesos para adoptar los que indica la norma (cambio cultural) o porque ésta especifica qué actividades deben realizarse, pero no cómo deben realizarse, retrasando así su adopción. Un paso importante para las empresas que desean aplicar la norma consiste primero en evaluar sus procesos actuales y mantener aquellas actividades que ya se realizan de manera adecuada, e integrar solamente las actividades que no se realizan o que se realizan de manera incorrecta. Sin embargo, esto requiere

hacer una evaluación de los procesos con respecto a la norma, y muchas empresas no cuentan con los recursos suficientes para realizar una evaluación externa, especialmente cuando aún no buscan la certificación.

El presente artículo muestra una propuesta de herramienta de autoevaluación que permite a las PYMES evaluar su proceso actual y generar un plan de mejora con el objetivo de agilizar el proceso de adopción de la norma NMX-059-NYCE-2005. Es decir, el objetivo de este trabajo se enfoca en reducir el tiempo y costo de la adopción a través de la generación de planes de acción que permitan cubrir las debilidades encontradas y aprovechar las fortalezas en relación al modelo.

Por lo tanto, en este artículo se presenta el trabajo de investigación realizado en la División de Estudios de Posgrado de la Universidad Tecnológica de la Mixteca relacionado con el desarrollo de herramientas que permitan agilizar la adopción de modelos de procesos para el desarrollo software. El resto del artículo está estructurado de la siguiente forma: La Sección 2 presenta una breve introducción a la norma mexicana NMX-059-NYCE-2005, mientras que la Sección 3 presenta un análisis de las herramientas existentes que han sido desarrolladas para facilitar el proceso de adopción de la norma. La Sección 4 presenta la arquitectura y el desarrollo de la herramienta propuesta. La Sección 5 describe el proceso de evaluación utilizado en la herramienta y la Sección 6 resume la investigación actual y futura que se está realizando. Por último, la Sección 7 presenta las principales conclusiones del artículo.

II. LA NORMA MEXICANA NMX-059-NYCE-2005

MoProSoft surgió como una iniciativa de la Secretaría de Economía con la contribución de académicos y empresarios mexicanos, encabezados por la Dra. Hanna Oktaba, como parte del Programa para el Desarrollo de la Industria de Software ProSoft [11]. El modelo fue aprobado el 5 de Julio del 2005 por el subcomité de Software NYCE (Normalización y Certificación Electrónica) y fue publicado como norma el 15 de Agosto en el Diario Oficial de la Federación con el nombre de NMX-I-059-NYCE-2005 Tecnología de la Información - Software - Modelos de Procesos y Evaluación para el Desarrollo y Mantenimiento de Software. La norma consta de las siguientes partes:

Bibliografía

- [Aiken, 1996] Aiken, L. (1996). *Test psicológicos de evaluación*. Prentice-Hall.
- [Alexandre et al., 2006] Alexandre, S., Renault, A., and Habra, N. (2006). OWPL: A Gradual Approach for Software Process Improvement In SMEs. In *32nd EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications*, pages 328–335.
- [Aliaga, 2006] Aliaga, L. (2006). Psicometria: Test Psicometricos, Confiabilidad y Validez. *Psicología: Topics de Actualidad*, 48(9):85–108.
- [Anastasi, 1986] Anastasi, A. (1986). *Los tests psicológicos*. Aguilar.
- [Brewerton and Millward, 2001] Brewerton, P. and Millward, L. (2001). *Organizational research methods*. SAGE.
- [Brodman and Johnson, 1994] Brodman, J. G. and Johnson, D. L. (1994). What Small Businesses and Small Organizations say about the CMM. In *Proceedings of the 16th international conference on Software engineering*, pages 331–340. IEEE Computer Society Press.
- [CMMI, 2010] CMMI (2010). Process Improvement for All: What to Expect from CMMI Version 1.3. Adaptado de <http://www.stsc.hill.af.mil/crosstalk/2010/01/1001PhillipsShrum.html>, Último acceso: 02-09-2010.
- [Cortada de Kohan, 1999] Cortada de Kohan, N. (1999). *Teorías psicométricas y construcción de tests*. Lugar Editorial.
- [Cortada de Kohan, 2001a] Cortada de Kohan, N. (2001a). Constructos psicológicos y variables. *Psicología y Pedagogía*, 2(2).
- [Cortada de Kohan, 2001b] Cortada de Kohan, N. (2001b). Importancia del Avance en la Investigación Psicométrica. *Psicología y Pedagogía*, 2(7).
- [Cronbach, 1972] Cronbach, L. J. (1972). *Fundamentos de la exploracion psicologica*. Biblioteca Nueva.
- [Cuevas et al., 2004] Cuevas, G., Serrano, A., and Serrano, A. (2004). Assessment of the Requirements Management Process using a Two-Stage Questionnaire. *Quality Software, International Conference on*, 0:110–116.
- [Dawes, 2008] Dawes, J. (2008). Do Data Characteristics Change According to the number of scale points used? An experiment using 5-point, 7-point and 10-point scales. *International Journal of Market Research*, 50(1):61–77.
- [Dijkstra, 1972] Dijkstra, E. W. (1972). The humble programmer. *ACM Turing Lecture*.
- [Dunnaway and Masters, 2001] Dunnaway, D. K. and Masters, S. (2001). CMM-Based Appraisal for Internal Process Improvement (CBA IPI) Version 1.2 Method Description. Technical report, Software Engineering Institute.
- [Ebel, 1977] Ebel, R. L. (1977). *Fundamentos de la medición educacional*. Problemática de la educación. Editorial Guadalupe.
- [Galibert et al., 2000] Galibert, M. S., Aguerri, M. E., and Attorresi, H. F. (2000). Pesos óptimos de los ítemes en la elaboración de puntajes. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 32(1):79–90.

- [García et al., 2010] García, I., Pacheco, C., Mendoza, E., Calvo-Manzano, J. A., Cuevas, G., and San Feliu, T. (2010). Managing the Software Process with a Software Process Improvement Tool in a Small Enterprise. *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*.
- [García et al., 2007] García, I., Calvo-Manzano, J. A., Cuevas, G., and San Feliu, T. (2007). Determining Practice Achievement in Project Management Using a Two-Phase Questionnaire on Small and Medium Enterprises. In Abrahamsson et al., editors, *Proc. of the European Software Process Improvement Conferences (EUROSPI 07)*, pages 46–58.
- [García et al., 2010] García, I., Pacheco, C., and Cruz, D. (2010). Adopting an RIA-Based Tool for Supporting Assessment, Implementation and Learning in Software Process Improvement under the NMX-I-059/02-NYCE-2005 Standard in Small Software Enterprises. *Software Engineering Research, Management and Applications, ACIS International Conference on*, 0:29–35.
- [García et al., 2008] García, I., Pacheco, C., and Summano, P. (2008). *Use of Questionnaire-Based Appraisal to Improve the Software Acquisition Process in Small and Medium Enterprises*, pages 15–27. Springer.
- [García and Suárez, 2007] García, I. and Suárez, L. (2007). Determining Practice Achievement in Project Management using a Two-Phase Questionnaire on Small and Medium Enterprises. In *International Conference on Software Engineering Advances ICSEA 2007*, page 75.
- [Gillham, 2008] Gillham, B. (2008). *Developing a Questionnaire*. Continuum Intl Pub Group.
- [Gomez, 2006] Gomez, J. (2006). Using Agile Practices and the CMMI to Achieve High Project Management Capability in Small Settings. In *Proc. of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings*, number CMU/SEI-2006-SR-001, pages 102–107. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.
- [Herrera, 1998] Herrera, A. (1998). Notas sobre Psicometría. Universidad de Colombia. Inédito.
- [Hey-Chyi et al., 2006] Hey-Chyi, Y., Tse-Han, F., and Chung-Hua, H. (2006). A Successful Practice of Applying Software Tools to CMMI Process Improvement. *Journal of Software Engineering*, 1(2):78–95.
- [HM&S IT-Consulting GmbH, 2009a] HM&S IT-Consulting GmbH (2009a). CMM Quest v1.2. <http://www.cmm-quest.com/english/default.htm>.
- [HM&S IT-Consulting GmbH, 2009b] HM&S IT-Consulting GmbH (2009b). Spice 1-2-1 for ISO 15504 v2.0. <http://www.spice121.com/english/>.
- [Humphrey, 2000] Humphrey, W. S. (2000). The Team Software Process (TSP). Technical report, Software Engineering Institute.
- [ISD, 2009] ISD (2009). Appraisal Wizard, Formal or Informal Appraisal Tool. Pagina web: <http://isd-inc.com/>.
- [ISO, 2000] ISO (2000). ISO 9000 and ISO 14000. Technical report, International Organization for Standardization.
- [ISO/IEC, 2004] ISO/IEC (2004). ISO/IEC 15504-2:2003/Cor.1:2004(E): Information Technology - Process Assessment - Part 2: Performing an Assessment. Technical report, International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission, Geneva.
- [Kautz, 1999] Kautz, K. (1999). Making Sense of Measurement for Small Organizations. *IEEE Software*, 16(2):14–20.
- [Kautz et al., 2000] Kautz, K., Hansen, H. W., and Thaysen, K. (2000). Applying and adjusting a software process improvement model in practice: the use of the IDEAL model in a small software enterprise. In *Proceedings of the 22nd international conference on Software engineering*, pages 626–633. ACM.
- [Kline, 2005] Kline, T. (2005). *Psychological testing: a practical approach to design and evaluation*. Sage Publications Inc.
-

- [Kruchten, 2000] Kruchten, P. (2000). *The Rational Unified Process: An Introduction (2nd Edition)*. Addison-Wesley Professional.
- [Lok and Walker, 1997] Lok, R. H. and Walker, A. J. (1997). Automated Tool Support for an Emerging International Software Process Assessment Standard. *Software Engineering Standards, International Symposium*, 0:25.
- [Marciniak and Sadauskas, 2003] Marciniak, J. J. and Sadauskas, T. (2003). Use of Questionnaire-Based Appraisals in Process Improvement Programs. In *Proceedings of the Second Annual Conference on the Acquisition of Software-Intensive Systems*, page 22.
- [Martínez, 1995] Martínez, R. (1995). *Psicometría*. Síntesis Psicológica.
- [McFeeley, 1996] McFeeley, B. (1996). IDEAL: A User's Guide for Software Process Improvement. Technical report, Software Engineering Institute.
- [Mehrens and Lehmann, 1982] Mehrens, W. and Lehmann, I. (1982). *Medición y evaluación en la Educación y en la Psicología*. Compañía Editorial Continental.
- [Meisenbacher, 2005] Meisenbacher, L. K. (2005). The Challenges of Tool Integration for Requirements Engineering. In *Proceedings of SREP'05*, pages 188–191.
- [Members of the Assessment Method Integrated Team, 2006] Members of the Assessment Method Integrated Team (2006). Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI) A, Version 1.2: Method Definition Document. Technical Report CMU/SEI-2001-HB-001.
- [Messick, 1995] Messick, S. (1995). Standards of validity and the validity of standards in performance assessment. *Educational measurement: Issues and practice*, (14):5–8.
- [MoProSoft, 2010] MoProSoft (2010). Un poco de la historia de MoProSoft. <http://moprosoft.blogspot.com/2007/10/un-poco-de-la-historia-de-moprosoft.html>, Último acceso: 02-09-2010.
- [NMX-NYCE, 2007a] NMX-NYCE (2007a). Tecnología de la Información -Evaluación de los procesos- Parte 03: Guía para realizar una evaluación. Technical report, Secretaría de Economía.
- [NMX-NYCE, 2007b] NMX-NYCE (2007b). Tecnología de la Información -Software- Modelos de procesos y evaluación para desarrollo y mantenimiento de software. Parte 01: Definición de conceptos y productos. Technical report, Secretaría de Economía.
- [NMX-NYCE, 2007c] NMX-NYCE (2007c). Tecnología de la Información -Software- Modelos de procesos y evaluación para desarrollo y mantenimiento de software. Parte 02: Requisitos de procesos (MoProSoft). Technical report, Secretaría de Economía.
- [NMX-NYCE, 2007d] NMX-NYCE (2007d). Tecnología de la Información -Software- Modelos de procesos y evaluación para desarrollo y mantenimiento de software. Parte 03: Guía de implantación de procesos. Technical report, Secretaría de Economía.
- [NMX-NYCE, 2007e] NMX-NYCE (2007e). Tecnología de la Información -Software- Modelos de procesos y evaluación para desarrollo y mantenimiento de software. Parte 04: Directrices para la evaluación de procesos (evalprosoft). Technical report, Secretaría de Economía.
- [Nunnally, 1995] Nunnally, J., B. I. (1995). *Teoría Psicométrica*. Mc. Graw Hill.
- [Oktaba, 2003] Oktaba, H. (2003). Historia de una norma. *Software Guru*, (3).
- [Oktaba et al., 2005] Oktaba, H., Alquicira, C., Su, A., Martínez, A., Quintanilla, G., Ruvalcaba, M., López, F., Rivera, M. E., Orozco, M. J., Fernández, Y., and Flores, M. A. (2005). *Modelo de Procesos para la Industria de Software MoProSoft v1.3*.
- [Oktaba et al., 2007] Oktaba, H., García, F., Piattini, M., Ruiz, F., Pino, F. J., and Alquicira, C. (2007). Software Process Improvement: The Competisoft Project. *Computer*, 40(10):21–28.
-

- [Paulk et al., 1991] Paulk, M. C., Curtis, B., Chrissis, M. B., and Weber, C. V. (1991). Capability Maturity Model for Software (CMM). Technical report, Software Engineering Institute.
- [Paulk et al., 1993] Paulk, M. C., Curtis, B., Chrissis, M. B., and Weber, C. V. (1993). Capability maturity model, version 1.1. *Software, IEEE*, 10(4):18–27.
- [Pino et al., 2006] Pino, F. J., García, F., and Piattini, M. (2006). Revisión sistemática de mejora de procesos software en micro, pequeñas y medianas empresas. *Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software*, 2(1):6–23.
- [Pressman, 2010] Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería del Software: Un enfoque práctico*. Mc Graw Hill, 7th edition.
- [Product Development Team, 2002a] Product Development Team (2002a). Capability Maturity Model Integration (CMMI), Version 1.1, Continuous Representation. Technical Report CMU/SEI-2002-TR-011, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.
- [Product Development Team, 2002b] Product Development Team (2002b). Capability Maturity Model Integration (CMMI), Version 1.1, Staged Representation. Technical Report CMU/SEI-2002-TR-012, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.
- [Randell, 1968] Randell, P. N. B., editor (1968). *Software engineering: Report of a conference sponsored by the NATO Science Committee*. Scientific Affairs Division, NATO.
- [Rios et al., 2008] Rios, B. L. F., Vargas, M. A. A., Espinoza, J. M. O., and Peralta, M. d. C. A. (2008). Experiences on the implementation of MoProSoft and Assessment of Processes under the NMX-I-059/02-NYCE-2005 Standard in a Small Software Development Enterprise. In *ENC '08: Proceedings of the 2008 Mexican International Conference on Computer Science*, pages 323–328, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society.
- [Santos et al., 2007] Santos, G., Montoni, M., Vasconcellos, J., Figueiredo, S., Cabral, R., Cerdeiral, C., Katsurayama, A. E., Lupo, P., Zanetti, D., and Rocha, A. R. (2007). Implementing Software Process Improvement Initiatives in Small and Medium-Size Enterprises in Brazil. In *QUATIC '07: Proceedings of the 6th International Conference on Quality of Information and Communications Technology*, pages 187–198, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society.
- [SCAMPI Upgrade Team, 2006] SCAMPI Upgrade Team (2006). Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI) A, Version 1.2: Method Definition Document. Technical report.
- [Scott et al., 2001] Scott, L., Jeffery, R., Carvalho, L., D'Ambra, J., and Rutherford, P. (2001). Practical software process improvement - the IMPACT project. In *Software Engineering Conference, 2001.*, pages 182–189.
- [Secretaría de Economía, 2004] Secretaría de Economía (2004). Estudio del nivel de madurez y capacidad de procesos de la industria de tecnologías de información.
- [SEI, 2006] SEI (2006). CMMI for Development (CMMI-DEV), Version 1.2. Technical Report CMU/SEI-2006-TR-008, Software Engineering Institute and Carnegie Mellon University.
- [Shen and Ruan, 2008] Shen, B. and Ruan, T. (2008). A Case Study of Software Process Improvement in a Chinese Small Company. In *CSSE '08: Proceedings of the 2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering*, pages 609–612, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society.
- [Software Engineering Institute, 2009] Software Engineering Institute (2009). SCAMPI Lead Appraiser Training.
- [Sommerville, 2005] Sommerville, I. (2005). *Ingeniería del Software*. Pearson Educación, 7th edition.
- [Standish Group, 2008] Standish Group (2008). My life is failure & chaos summary 2008. Technical report, The Standish Group International.
- [Suárez, 2009] Suárez, L. A. (2009). Proval - Desarrollo de una metodología para la autoevaluación del proceso software en las pequeñas y medianas empresas. Tesis de Licenciatura. Universidad Tecnológica de la Mixteca.
-

-
- [Tornimbeni et al., 2008] Tornimbeni, S., Perez, E., and Olaz, F. (2008). *Introducción a la psicometría*. Editorial Paidós.
- [Uebersax, 2006] Uebersax, J. (2006). Likert scales: dispelling the confusion.
- [van Loon, 2004] van Loon, H. (2004). *Process Assessment and ISO/IEC 15504 A Reference Book*. Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA.
- [von Wangenheim et al., 2006] von Wangenheim, C. G., Anacleto, A., and Salviano, C. F. (2006). Helping Small Companies Assess Software Processes. *IEEE Software*, 23(1):91–98.
- [Welth, 1993] Welth, L. H. (1993). Lecture Notes on Software Process Improvement. Technical report, Software Engineering Institute.
- [Yamanishi and Li, 2002] Yamanishi, K. and Li, H. (2002). Mining Open Answers in Questionnaire Data. *IEEE Intelligent Systems*, 17(5):58–63.
- [Zubrow et al., 1994] Zubrow, D., Hayes, W., Siegel, J., and Goldenson, D. (1994). Maturity Questionnaire. Technical report, Software Engineering Institute.
-