



## **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA**

**“DEFINICIÓN DE PLANES DE ACCIÓN COMO RESULTADO DE  
LAS EVALUACIONES DE PROCESOS SOFTWARE EN LAS  
PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS SOFTWARE”**

### **TESIS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN INGENIERÍA DE SOFTWARE**

### **PRESENTA**

**L. I. BONIFACIO ELOY MENDOZA ORTIZ**

### **DIRECTORES DE TESIS**

**DRA. CARLA LENINCA PACHECO AGÜERO**

**DR. IVÁN ANTONIO GARCÍA PACHECO**

**HUAJUAPAN DE LEÓN, OAX. ENERO DE 2009**



**Tesis presentada el 30 de Enero de 2009.**

**Ante los siguientes sinodales:**

**Dra. Virginia Berrón Lara**

**M.C. Carlos Alberto Fernández y Fernández**

**M.C. Everth Haydee Rocha Trejo**

**Directores de Tesis:**

**Dra. Carla Leninca Pacheco Agüero**

**Dr. Iván Antonio García Pacheco**



## **Dedicatoria**

**Aranza**

A ti hermoso ser, que con tus actos y palabras unes cada vez más a tus padres.



## **Agradecimientos**

A mis directores de Tesis: Dr. Iván Antonio García Pacheco y Dra. Carla Pacheco Agüero por su valioso tiempo dedicado a la revisión de los documentos y por todas las facilidades otorgadas para llevar a buen término el proyecto.

Leonel Ortega y Pavel Sumano por el tiempo que sacrificaron con su familia para asesorarme en el lenguaje PHP y MySQL.

A mi esposa Patricia Santiago Martínez por su apoyo y comprensión para culminar con este proyecto.

A todas las personas que participaron en las evaluaciones a través de la herramienta en línea.

A todas las personas que de una u otra forma apoyaron en el proyecto, en especial a Luis Alberto Suárez Zaragoza y David Cruz Castillo.

A la Universidad Tecnológica de la Mixteca, en especial a la Unidad de Posgrado por el apoyo siempre recibido.

Un agradecimiento especial para el profesor Heriberto I. Hernández Martínez de la Universidad Tecnológica de la Mixteca porque con sus consejos me motivó a emprender un proyecto de tesis.



## Índice

Dedicatoria.....	v
Índice .....	ix
Lista de tablas .....	xiii
Lista de figuras .....	xv
Resumen .....	xvii
1. Introducción.....	1
1.1. Motivaciones .....	4
1.2. Problemática .....	7
1.3. Hipótesis del trabajo .....	11
1.4. Delimitaciones de la tesis .....	11
1.5. Limitaciones .....	12
1.6. Objetivos del trabajo.....	12
1.6.1. Objetivo general .....	12
1.6.2. Objetivos específicos.....	12
1.7. Solución propuesta .....	13
1.8. Estructura de la tesis .....	15
2. Estudio de los Principales Modelos de Referencia, Evaluación y Mejora del Proceso.....	17
2.1. Antecedentes.....	17
2.2. Modelos de referencia del proceso. ....	19
2.2.1. CMM-SW (Capability Maturity Model for Software) .....	20
2.2.1.1. Ventajas .....	21
2.2.1.2. Desventajas.....	22
2.2.2. CMMI- DEV v1.2 (Capability Maturity Model Integration for Development v1.2) .....	22
2.2.2.1. Ventajas .....	23
2.2.2.2. Desventajas.....	25
2.2.3. Moprosoft (Modelo de Procesos para la Industria de Software) .....	25
2.2.3.1. Ventajas .....	26
2.2.3.2. Desventajas.....	27
2.2.4. Familia de Normas ISO 9000 .....	27

---

2.2.4.1. Ventajas .....	33
2.2.4.2. Desventajas .....	34
2.3. Comparativa empírica de los modelos de referencia del proceso.....	35
2.4. Modelos para la evaluación del proceso.....	37
2.4.1. ISO/IEC 15504 (SPICE, Software Process Improvement and Capability dEtermination) .....	38
2.4.1.1. Ventajas .....	41
2.4.1.2. Desventajas .....	41
2.4.2. CBA-IPI (CMM-Based Appraisal for Internal Process Improvement).....	41
2.4.2.1. Ventajas .....	44
2.4.2.2. Desventajas .....	44
2.4.3. SCAMPI (Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement) .....	44
2.4.3.1. Ventajas .....	47
2.4.3.2. Desventajas .....	47
2.4.4. EvalProsoft (Método de Evaluación de Procesos para la Industria de Software) .....	48
2.4.4.1. Ventajas .....	51
2.4.4.2. Desventajas .....	51
2.5. Comparativa empírica de los modelos de evaluación.....	51
2.6. Modelos para conducir la mejora del proceso. ....	53
2.6.1. Plan-Do-Check-Act (PDCA) .....	54
2.6.1.1. Ventajas .....	55
2.6.1.2. Desventajas .....	55
2.6.2. IDEAL (Initiating, Diagnosis, Establishing, Acting, Learning).....	55
2.6.2.1. Ventajas .....	58
2.6.2.2. Desventajas .....	59
2.6.3. CMMI v1.1 (Capability Maturity Model Integration v1.1).....	59
2.6.3.1. Ventajas .....	62
2.6.3.2. Desventajas .....	62
2.7. Comparativa empírica de los modelos de mejora.....	62
3. Diseño del Mecanismo de Evaluación y Generación de Planes .....	65
3.1. Introducción.....	65
3.2. Estableciendo el Compromiso .....	68
3.3. Diseño del Mecanismo de Evaluación.....	68
3.4. Diseño del Mecanismo de Generación de Planes de Acción.....	79
3.4.1. Estructura de los planes de acción .....	81
3.4.2. Librería de activos .....	85
4. Resultados Experimentales.....	87
4.1. Resultados y análisis de la evaluación en entornos reales .....	88
5. Conclusiones.....	98
6. Anexo A.- Acrónimos y Términos .....	101

---

7. Bibliografía.....	105
7.1. Sitios de Internet.....	110



## Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación de empresas en México. ....	8
Tabla 2. Resultados de rendimiento basados en CMMI. ....	11
Tabla 3. Requisitos de la norma ISO 9001:2000 para un SGC. ....	30
Tabla 4. Comparativo de los modelos de referencia del proceso. ....	36
Tabla 5. Niveles de capacidad de ISO/IEC 15504. ....	39
Tabla 6. Escala de clasificación del atributo de proceso de ISO/IEC 15504. ....	40
Tabla 7. Niveles de capacidad de ISO/IEC 15504. ....	46
Tabla 8. Niveles de capacidad y atributos que lo caracterizan. ....	49
Tabla 9. Escala ordinal para calificar el grado del cumplimiento del atributo del proceso. ....	50
Tabla 10. Calificación del nivel de capacidad del proceso. ....	50
Tabla 11. Comparativo de los modelos de evaluación. ....	52
Tabla 12. Comparativo de los modelos de mejora. ....	64
Tabla 13. Clasificación del nivel de desempeño de la escala de SysProVal. ....	69
Tabla 14. Ejemplos de preguntas formuladas bajo el mecanismo de dos fases para la Planificación del Proyecto. ....	70
Tabla 15. Mapeo de las causas de fallo de proyectos con las áreas de proceso. ....	72
Tabla 16. Preguntas formuladas bajo el mecanismo de dos fases para asegurar la institucionalización del proceso. ....	73
Tabla 17. Ejemplo tabular de resultado de la evaluación del proceso software para una empresa. ....	78
Tabla 18. Recomendaciones para caracterizar las prácticas específicas y genéricas. ....	79
Tabla 19. Caracterización de los niveles de desempeño por práctica. ....	80
Tabla 20. Ejemplo del nivel de desempeño en las prácticas de un área de proceso en particular evaluada en SysProVal. ....	80
Tabla 21. Ejemplo del nivel de desempeño en las subprácticas. ....	81
Tabla 22. Apartados del plan de acción para prácticas específicas. ....	81
Tabla 23. Ejemplo de organización de los elementos de una práctica. ....	82
Tabla 24. Apartados del plan de acción para prácticas genéricas. ....	84
Tabla 25. Características de las empresas evaluadas. ....	87
Tabla 26. Familiaridad de las empresas con el modelo CMMI-DEV v1.2. ....	88
Tabla 27. Media y desviación estándar para los procesos del Nivel 2 de CMMI-DEV v1.2. ....	92



## Lista de figuras

Figura 1.1. Elementos críticos en una empresa .....	2
Figura 1.2. Diagrama de proceso.....	2
Figura 1.3. Modelo IDEAL .....	6
Figura 1.4. Arquitectura del mecanismo a diseñar .....	13
Figura 2.1. Figura 2.1. Los cinco niveles de madurez del proceso software.....	20
Figura 2.2. Áreas clave de proceso por niveles de madurez.....	21
Figura 2.3. Componentes del modelo CMMI-DEV .....	24
Figura 2.4. Estructura del modelo de procesos de MoProSoft .....	26
Figura 2.5. Área del modelo de procesos de ISO 9001:2000 .....	29
Figura 2.6. Componentes del estándar ISO/IEC 15504.....	39
Figura 2.7. Relación del modelo de evaluación del proceso, modelo de referencia del proceso y el nivel de capacidad .....	40
Figura 2.8. Actividades de preparación del método CBA IPI.....	43
Figura 2.9. Actividades en el sitio de la valoración.....	43
Figura 2.10. Relación entre los elementos del Método de Evaluación.....	48
Figura 2.11. Relación entre los elementos de EvalProSoft .....	49
Figura 2.12. Relación entre los elementos de EvalProSoft .....	54
Figura 2.13. Modelo IDEAL .....	56
Figura 2.14. Flujo de proceso de la fase diagnosticar .....	57
Figura 2.15. Flujo de proceso de la fase establecer .....	58
Figura 2.16. Componentes del modelo CMMI v1.1 .....	60
Figura 3.1. Arquitectura de la solución propuesta.....	65
Figura 3.2. Solución propuesta.....	67
Figura 3.3. Interfaz de acceso a la herramienta Web SysProVal .....	68
Figura 3.4. Importancia de la capacitación en las evaluaciones de SysProVal .....	69
Figura 3.5. Interfaz de especificación de las áreas de proceso a evaluar para una PyME.....	75
Figura 3.6. Ejemplo de cuestionario para evaluar prácticas específicas y genéricas .....	76
Figura 3.7. Ejemplo de resultado obtenido para un área de proceso .....	77
Figura 3.8. Ejemplo sobre el nivel de madurez obtenido para una empresa .....	79

---

Figura 3.9. Plantilla del plan de acción de prácticas específicas para un área de proceso en particular .....	83
Figura 3.10. Plantilla del plan de acción de prácticas genéricas para un área de proceso en particular .....	85
Figura 3.11. Librería de activos de la herramienta SysProVal .....	85
Figura 4.1. Resultado de evaluación por empresa .....	89
Figura 4.2. Comparativa de porcentajes medios y desviaciones estándar de la cobertura alcanzada por cada área de proceso .....	90
Figura 4.3. Niveles de cobertura alcanzados por cada área de proceso en cada empresa evaluada	91
Figura 4.4. Medias de porcentaje de madurez por tamaño del Personal de Software .....	92
Figura 4.5. Medias y desviaciones estándar de las prácticas de Gestión de Requisitos y Planificación del Proyecto .....	93
Figura 4.6. Plan de acción para la empresa que alcanzó una cobertura de 20% en el área de proceso Gestión de Requisitos .....	96
Figura 4.7. Plan de acción para la empresa que alcanzó una cobertura de 60% en el área de proceso Gestión de Requisitos .....	97

## **Resumen**

La mejora del proceso software es una iniciativa con enfoque directivo que surge con la idea de mejorar la calidad y productividad en la Ingeniería de Software. A través de evaluaciones, permite valorar el estado actual de los procesos software y en base a éstos resultados establecer soluciones que permitan mejorarlos. Sin embargo, a pesar de la existencia de una amplia gama de modelos y estándares para mejorar la calidad del producto y del proceso en el desarrollo software, no existen estándares y herramientas aplicables a las necesidades de las Pequeñas y Medianas Empresas.

Por lo que este trabajo de Tesis de Maestría tiene como objetivo desarrollar un método de Evaluación y Generación de Planes de Acción basado en una iniciativa de mejora. Dicho método permitirá generar una herramienta Web apoyada en el modelo de mejora IDEAL, en el método de evaluación SCAMPI y en el modelo de referencia de procesos CMMI-DEV v1.2. Esta herramienta está limitada a las fases de Diagnóstico y Establecimiento del modelo IDEAL, a una adaptación del método SCAMPI (clase C para autoevaluación) y del Nivel 2 del modelo de referencia de procesos CMMI-DEV v1.2. La información sobre el estado actual de las prácticas software en las empresas se recolecta a través de dos arquetipos de cuestionarios (para prácticas específicas y prácticas genéricas) y posteriormente se interpretan estos datos y se generan planes de acción que tienen como objetivo principal mejorar el proceso de desarrollo software. Los cuestionarios y planes de acción se mantendrán en un repositorio y sólo podrán ser accedidos por las personas evaluadas y el directivo responsable de la mejora del proceso software.

Los resultados experimentales mostrados al final de esta Tesis; nos permiten asegurar que las empresas pequeñas trabajan de forma caótica y desorganizada; que es imposible que conozcan y adapten algún modelo o estándar para mejorar sus productos; pero que sin embargo, tienen un deseo enorme por mejorar y ser más competitivos.



## 1. Introducción

En 1968 se celebró la primera conferencia sobre Ingeniería de Software (IS), patrocinada por el Comité de Ciencias de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (NATO, por sus siglas en inglés), donde quedo evidenciado el atrasado estado de desarrollo de esta disciplina en comparación con otras. Para ese entonces ya se comenzaba a utilizar el famoso término “crisis del software”, refiriéndose a los problemas asociados con el desarrollo software, entre los que se encontraban: [Bauer, 1969]

- La complejidad del software requerido.
- La incapacidad de atender la demanda de desarrollo software.
- La mala gestión de los proyectos.
- La incertidumbre sobre el funcionamiento del software.
- La ausencia de capacitación en nuevas técnicas y la resistencia al cambio.

Sin embargo, actualmente, a pesar de todos los avances en la IS, todavía existen problemas asociados al desarrollo software, como:

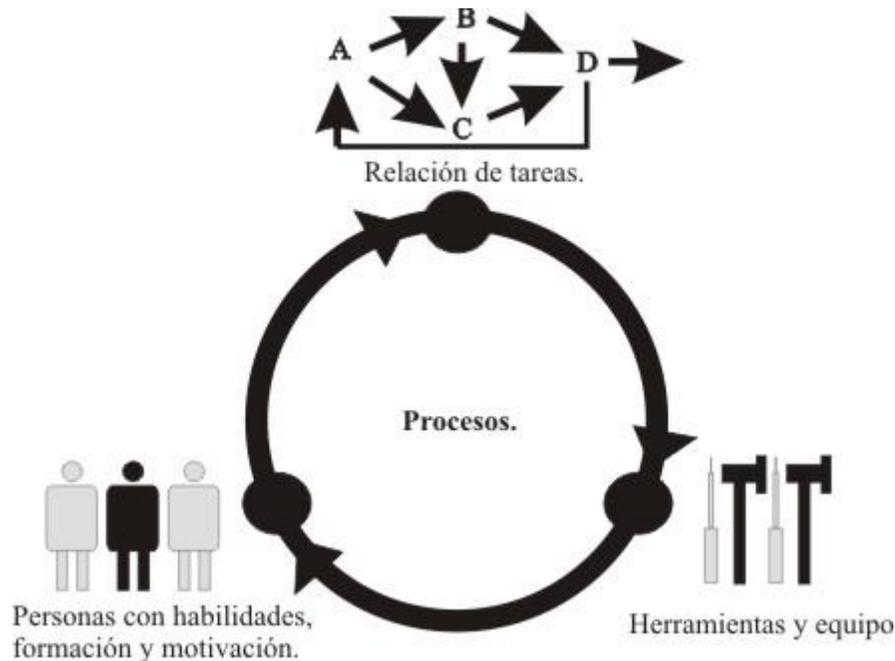
- La complejidad del software requerido [Watts, 2007].
- La incertidumbre en el costo, fecha de entrega y calidad de los productos generados [López, 2004], [De la Villa, 2004], [Galindo, 2006]. En gran medida, esta incertidumbre surge de la no aplicación de técnicas adecuadas de IS [López, 2004].

Dada la naturaleza lógica del producto software, se asume que su calidad depende en gran medida de la calidad del proceso utilizado para desarrollarlo y por ende, un proceso de alta calidad producirá constantemente productos de alta calidad; mientras que un proceso de pobre calidad producirá productos de baja calidad [De la Villa, 2004], [Watts, 2007].

¿Pero qué es un proceso? Según la norma ISO/IEC 15504 es *“una serie de actividades interrelacionadas, que transforman las entradas en salidas”*. En [Pressman, 2002] se describe un proceso software de manera general como *“una serie de pasos predecibles que ayudan a obtener el resultado oportuno de calidad”*. De lo anterior se observa que los procesos marcan la pauta para realizar el trabajo, sin embargo son necesarias las personas y la tecnología para producir las salidas o los resultados de calidad deseados (véase Figura 1.1) [Pressman, 2002], [Loon, 2004], [Palacio, 2005], [CMMI-DEV, 2006].

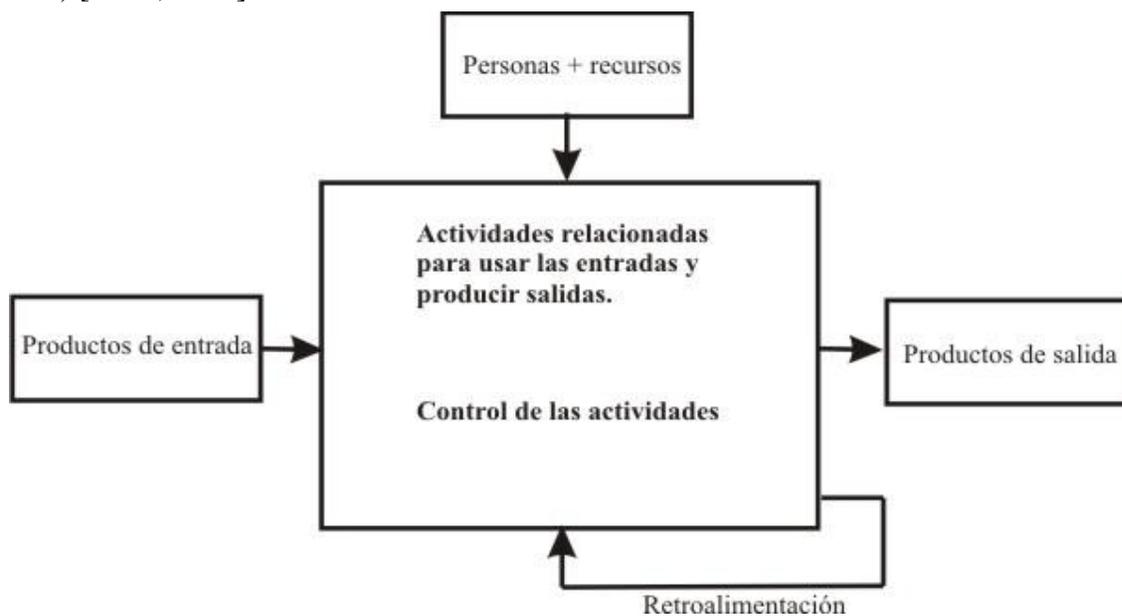
Los procesos, las personas y la tecnología actúan con un peso específico diferente en función del tipo de producción, e incluso de las características de cada empresa [Palacio, 2005]. Cada

empresa, dependiendo de sus características debe decidir el balance entre los tres elementos de un proceso de acuerdo a sus metas [Loon, 2004].



**Figura 1.1.** Elementos críticos en una empresa

Para definir e implementar un proceso es importante considerar los siguientes aspectos: los resultados que se desean alcanzar, los productos que se deben producir para alcanzar esos resultados, las entradas y actividades que se necesitan para crear los productos, las personas que estarán involucradas, los recursos necesarios para apoyar las actividades, el control necesario para asegurar la calidad, y las herramientas para validar que se han alcanzado los resultados correctos (véase Figura 1.2) [Loon, 2004].



**Figura 1.2.** Diagrama de proceso

En el desarrollo software interviene toda una cadena de procesos de IS que nos permiten obtener el producto deseado (software) y los productos intermedios (especificación de requisitos, diseño, y demás). Por lo que, es necesario que las empresas desarrolladoras de software conozcan muy bien la forma en que sus procesos actuales les ayudan a alcanzar sus metas [Loon, 2004]. Una forma de conocer esta situación es a través de la *evaluación de los procesos*.

Las evaluaciones son revisiones internas que ayudan a las empresas a ser mejores, ya que proporcionan información para transformar la cultura técnica y organizacional con el propósito de mejorar la calidad y rentabilidad de sus productos [Bush, 2005].

Sin embargo, para poder realizar una evaluación de los procesos es necesario contar con: [Loon, 2004].

- Un marco de trabajo para asegurar evaluaciones consistentes.
- Un marco de trabajo de medición que especifique una escala de rendimiento (capacidad).
- Una descripción de los procesos que se desean evaluar.
- Un método para asegurar que la evaluación ejecutada por los evaluadores sea consistente.
- Una guía de cómo adaptar la evaluación a la empresa.
- Evaluadores capaces y consistentes para ejecutar las evaluaciones.

Hasta el momento, se han desarrollado diferentes modelos para evaluar, valorar y mejorar la capacidad de los procesos software y de las empresas; así como estándares para la gestión y aseguramiento de la calidad de los productos. Estos estándares y modelos comenzaron a aparecer en la década de los 80's y alcanzaron un mayor auge en la década de los 90's [De la Villa, 2004]. Organizaciones como el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, por sus siglas en inglés), la Organización Internacional para la Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés) y el Instituto de Ingeniería de Software (SEI, por sus siglas en inglés), entre otros, han desarrollado y promovido estándares y modelos de referencia de procesos, de evaluación de procesos y de mejora de procesos [Loon, 2004], [URL-1], [URL-2], [URL-3].

Los modelos de referencia y mejora de procesos han tomado un papel determinante en la identificación, integración, medición y optimización de las mejores prácticas<sup>1</sup> de desarrollo software [De la Villa, 2004]. Entre los estándares y modelos para la mejora de procesos se encuentran:

- *SW-CMM v1.1* (Capability Maturity Model for Software v1.1) [Paulk, 1993].
- *CMMI DEV v1.2* (Capability Maturity Model Integration for Development v1.2) [CMMI-DEV, 2006].
- *IDEAL* [McFeeley, 1996].
- *ISO/IEC 15504* (SPICE, Software Process Improvement and Capability dEtermination) [SPICE, 2007].
- *ISO 9000:2000* [Tantara, 2001].

---

<sup>1</sup> Las mejores prácticas hacen referencia a las prácticas que dirigen el desarrollo software y que han sido aplicadas a nivel internacional [Pino, 2006].

- *MoProSoft* (Modelo de Procesos para la Industria de Software) [Oktaba, 2005].  
Mientras que los modelos para la evaluación de procesos son:
- *CBA\_IPI* (CMM-Based Appraisal for Internal Process Improvement) [Dunaway, 1996].
- *SCAMPI* (Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement) [SCAMPI, 2006].
- *ISO/IEC 15504* (SPICE, Software Process Improvement and Capability determination) [SPICE, 2007].
- *EvalProSoft* (Método de Evaluación de Procesos para la Industria de Software) [Oktaba, 2005].

## 1.1. Motivaciones

A principios de los 90's un nuevo conjunto de ideas sobre cómo mejorar la calidad y la productividad dentro de la IS estaba siendo desarrollado bajo la noción de la mejora del proceso software (SPI, por sus siglas en inglés). Hoy, la SPI ha llegado a ser uno de los enfoques dominantes para mejorar la calidad y la productividad en IS. La SPI toma un enfoque directivo y tiene que ver principalmente con dirigir organizaciones de software para mejorar su práctica [Olav, 2007].

La SPI es una iniciativa que permite valorar el estado actual de una organización en relación con sus procesos software, establecer soluciones y medir si dichas soluciones mejoraron la situación [Pries, 2007]. En el contexto del mercado global, las grandes organizaciones que dependen de las tecnologías de la información son conscientes de la importancia de la productividad, la calidad y el tiempo de desarrollo. Por consiguiente, invierten el tiempo y los recursos necesarios para mejorar sus procesos [Laporte, 2005a].

Las iniciativas de mejorar el proceso de desarrollo software principalmente nacen de la demanda de productos y servicios de calidad por parte de los clientes, sin embargo la mejora eficaz del proceso software no empezará hasta que la dirección insista en que el trabajo de desarrollo del producto sea planeado y dirigido apropiadamente [Greene, 1998].

En la actualidad, existe una amplia gama de modelos y estándares de referencia para mejorar la calidad de los productos de desarrollo software. Por lo tanto, una organización de desarrollo de software que desee mejorar sus productos mediante la adopción de prácticas establecidas en algunos de estos modelos, deberá realizar un análisis del camino que tendrá que recorrer para lograr su objetivo, es decir, deberá establecer un programa de mejora [Alquicira, 2005].

Cuando una empresa establece un programa de mejora de procesos, no debe perder de vista el verdadero objetivo: *mejorar*. El motor detrás de este esfuerzo de mejora, debe ser la claridad de que existen mejores formas de hacer las cosas, las cuales redundarán a largo plazo en la reducción de costos, mayor capacidad de respuesta y mejor calidad, y todo ello en conjunto con el incremento y rentabilidad del negocio. A largo plazo, las empresas que sí hayan comprendido que mejorar sus procesos es mucho más que obtener algún tipo de papel, son las que la clientela elegirá como opciones de calidad, y las que establecerán las reglas del juego, para finalmente dominar el mercado. Estas empresas tendrán tantos o más certificados y evaluaciones exitosas que aquellas otras que no tengan claro lo que hay detrás de un programa de mejora [Moreno, 2000].

Es importante resaltar que en un programa de mejora se involucran diferentes tipos de modelos/métodos, entre los que se encuentra el modelo que conducirá la mejora, el método de evaluación de procesos y el modelo de procesos a seguir.

El **modelo de mejora** de procesos describe la infraestructura, actividades, ciclo de vida y consideraciones prácticas para la evolución de los procesos. El **método de evaluación** de procesos especifica la ejecución de la evaluación para producir un resultado cuantitativo que caracterice la capacidad del proceso o la madurez de la organización. El **modelo de procesos de referencia** describe cuáles son las mejores prácticas que una organización debe implementar o fortalecer para el desarrollo de software [Pino, 2006].

En ese sentido, la comunidad de IS ha expresado un interés especial en la SPI con el propósito de mejorar la calidad y productividad del software, haciendo uso de los diferentes tipos de modelos y estándares disponibles relacionados con la mejora de procesos. Los más utilizados por las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) desarrolladoras de software son: CMM como modelo de procesos, ISO/IEC 15504 como método de evaluación e IDEAL como modelo para guiar la mejora [Pino, 2006].

Las evaluaciones como parte importante de la SPI [Bush, 2005], proporcionan información de cómo y qué tan bien ejecuta actualmente sus procesos software la organización. Esta información es analizada para definir estrategias de mejora basadas en las necesidades de la empresa e integrarlas al plan de acción estratégico de SPI.

Un *plan de acción estratégico* es crítico en el proceso de SPI, ya que es necesario para proporcionar una guía clara a las acciones de mejora que serán tomadas. Ahora bien, las acciones de mejora son descritas a través de la definición de *planes de acción tácticos*, estos planes contienen descripciones detalladas de las actividades y de los recursos necesarios para llevar a cabo cada una de las acciones de mejora [SPICE, 2007].

La *mejora de procesos* permite entre otras cosas, que una empresa sea mejor, obtenga certificaciones, sea competitiva, reduzca defectos en productos entregados al cliente, entregue productos y servicios en tiempo, que los productos sean de calidad y que estén dentro del presupuesto planificado [Bedini, 2005], [Pino, 2006], [Jones, 2005], [Serrano, 2005], [Rupp, 2005]. Una de las principales metas de una iniciativa de SPI es producir software de calidad<sup>2</sup> en tiempo, dentro del presupuesto y con la funcionalidad requerida [Serrano, 2005]. Sin embargo, el éxito de un proyecto de SPI dependerá de la motivación de los miembros del equipo de desarrollo, y del patrocinio de los altos ejecutivos [Shintani, 2005], [Steenbecker, 2005], [Mondragón, 2005].

Para emprender esfuerzos de mejora, las PyMEs deben adaptar y utilizar los estándares y modelos tales como ISO 90001, ISO 9000-3, IDEAL, SW-CMM, CMMI-DEV v1.2 o ISO/IEC 15504:2004 a sus características específicas [Tantara, 2001], [McFeeley, 1996], [Paulk, 1993], [CMMI-DEV, 2006], [SPICE, 2007]. Sin embargo, la forma más utilizada para conducir la mejora es la adaptación del modelo IDEAL [Pino, 2006]. El modelo IDEAL puede ser usado como guía para iniciar, planificar e implementar acciones tendientes a mejorar los procesos (véase Figura 1.3). El modelo consta de 5 fases en un ciclo continuo: iniciar (*initiating*), diagnosticar (*diagnosis*), establecer (*establishing*), actuar (*acting*) y aprender (*learning*) [Bush, 2005], [McFeeley, 1996], [CCTI, 2005].

El tiempo para completar el ciclo dependerá de los recursos comprometidos para el programa de mejora y de las actividades que puedan realizarse en paralelo. El éxito o fracaso dependerá de la infraestructura, roles y responsabilidades asignadas al programa de mejoramiento por lo que estas actividades no deben ser subestimadas [McFeeley, 1996].

---

<sup>2</sup> La calidad es el cumplimiento de los requisitos, es decir, que los clientes y usuarios finales deben encontrar el producto apto para su uso [Duncil, 2002].

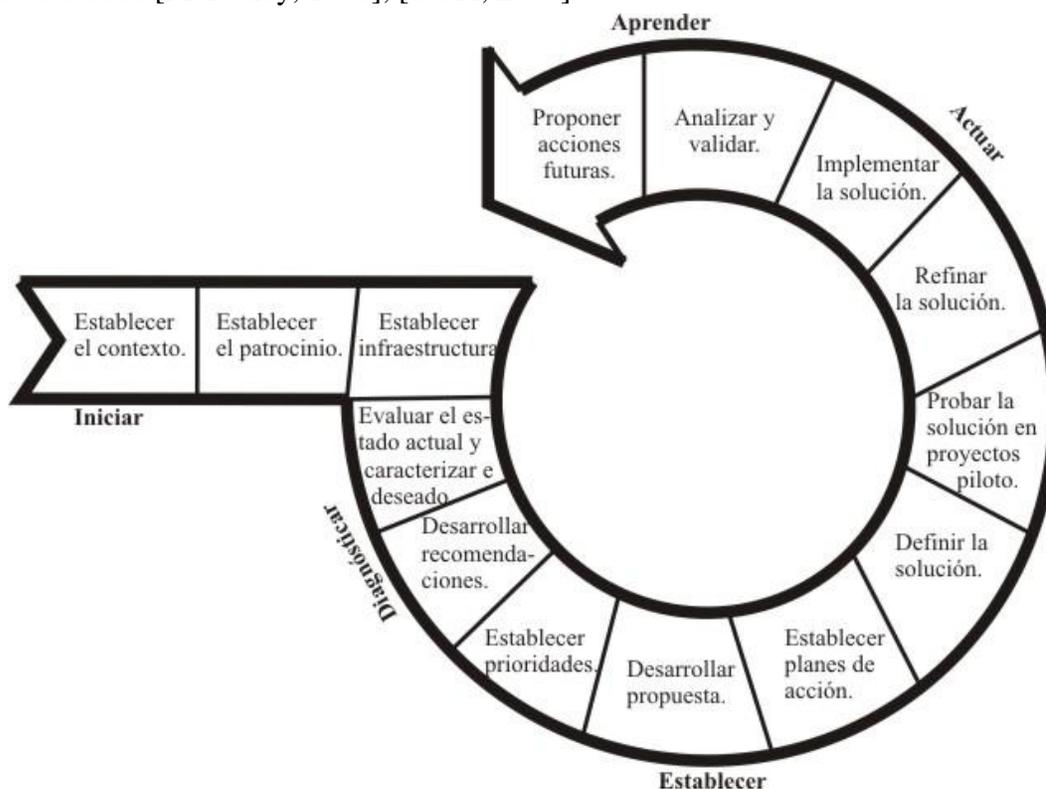
En la *fase inicial* del modelo IDEAL se establecen los fundamentos básicos para garantizar y dar soporte a la iniciativa de SPI, entre ellos la infraestructura de la mejora inicial (grupos de dirección y proceso de IS), y los compromisos con la alta dirección [McFeeley, 1996], [CCTI, 2005].

En la *fase de diagnóstico* del modelo IDEAL se evalúan las fortalezas y debilidades del proceso actual utilizado en los proyectos, mediante un método formal. Los resultados y recomendaciones de las evaluaciones deben ser incluidos en un **plan de acción de mejora** [McFeeley, 1996], [CCTI, 2005].

En la *fase de establecimiento* se priorizan los problemas detectados y se desarrollan las estrategias para la solución. Se elabora un plan de acción que incluya el calendario de los proyectos, tareas, hitos<sup>3</sup>, puntos de decisión, recursos, responsabilidades, métricas, mecanismos de seguimiento y riesgos con sus respectivas estrategias de mitigación [McFeeley, 1996], [CCTI, 2005].

En la *fase de actuación* se crean las soluciones para dirigir las áreas a mejorar, descubiertas previamente en la fase de diagnóstico. El plan de acción es desarrollado y se ejecutan pruebas piloto para evaluar los procesos. Se refina la solución y se aplica a lo largo de la empresa [McFeeley, 1996], [CCTI, 2005].

Por último, la *fase de aprendizaje* permite validar si la iniciativa de mejora logró los propósitos deseados [McFeeley, 1996], [CCTI, 2005].



**Figura 1.3.** Modelo IDEAL

<sup>3</sup> Un hito representa el logro de un objetivo que es relevante en el desarrollo del plan [Pressman, 2002].

## 1.2. Problemática

De acuerdo al estudio realizado sobre el nivel de madurez y capacidad de los procesos de la Industria de Tecnologías de Información (TI) en el área metropolitana de Monterrey, Nuevo León y el Distrito Federal por parte de la Secretaría de Economía, basado en el modelo CMM, las debilidades que presentan las industrias desarrolladoras de software en México con respecto a la calidad de sus procesos son las siguientes: [González, 2006].

a) *Procesos de la organización (administración de la empresa).*

- *Aseguramiento de la calidad del proceso y del producto:* no se asegura que los productos de trabajo y los procesos de un proyecto cumplan con sus requisitos especificados y se adhieren a los planes establecidos.
- *Proceso de medición:* no se recolectan y analizan los datos relacionados al producto y los procesos.
- *Alineamiento organizacional:* no se certifica que el personal comparta una visión, cultura y entendimiento común de los objetivos del negocio.
- *Administración de recursos humanos:* no se cuenta con el personal con las habilidades y conocimiento para desempeñar sus roles efectivamente.
- *Administración de la calidad:* no se monitorea la calidad de los productos y/o servicios y asegura que satisfacen al cliente.
- *Infraestructura de trabajo:* no se cuenta con una infraestructura estable y confiable para apoyar la ejecución de cualquier proceso (hardware, software, métodos, herramientas, técnicas, estándares).

b) *Procesos de desarrollo software.*

- *Infraestructura de trabajo:* no se cuenta con una infraestructura estable.
- *Gestión del riesgo:* no se identifican ni se reducen continuamente los riesgos del proyecto a lo largo del ciclo de vida del mismo.
- *Gestión de la configuración:* no se establece y mantiene la integridad de todos los productos de trabajo. Esto incluye asegurar que en un producto liberado se encuentran todos los componentes en su versión apropiada.
- *Verificación y validación de requisitos:* no se confirma que cada producto de trabajo y/o servicio de software, refleja apropiadamente la especificación establecida, de tal manera que el producto sea útil y aceptado.
- *Mantenimiento del sistema y software:* no se administran las modificaciones, migraciones y el retiro de los componentes del sistema (como hardware, software, manuales operativos...), en respuesta a una petición del cliente.

Actualmente, la industria software en Latinoamérica sigue siendo incipiente e inmadura, lo que conlleva una falta de competitividad y sobre todo, a la entrega de productos de baja calidad [Pino, 2006a]. Debido a esta problemática respecto a la calidad y a la falta de capacidad de los procesos de desarrollo software, y a las consecuencias de éstas en la calidad de los productos, se hace evidente la necesidad de que estas empresas y en particular las PyMEs implementen proyectos de SPI con la finalidad de evaluar y fortalecer sus procesos y como consecuencia mejorar la calidad

de sus productos. [González, 2006]. En este desarrollo de tesis nos enfocaremos a trabajar en las PyMEs ya que la mayoría de empresas de TI en México pertenecen a este sector ya que cuentan con menos de 100 empleados [Oktaba, 2005].

Las PyMEs clasificadas en los sectores de comercio y servicios en México, de acuerdo al diario oficial de la federación del día 30 de diciembre de 2002, las conforman empresas con menos de 100 empleados. Según el censo del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) realizado en el 2004 el total de empresas es 3, 005, 157, de las cuáles: 2, 923, 048 (97.2%) son clasificadas en manufactureras, comercio y servicios y 2, 911, 688 (96.9%) son micro, pequeñas y medianas empresas con menos de 100 empleados (véase Tabla 1) [INEGI, 2004].

**Tabla 1.** Clasificación de empresas en México.

	<b>Manufactureras</b>	<b>Comercio</b>	<b>Servicios</b>	<b>Total</b>
<b>Micro</b>	298, 678	1, 533, 865	960, 135	2, 792, 678
<b>Pequeñas</b>	19, 754	33, 031	4, 3835	96, 620
<b>Mediana</b>	7, 235	9, 976	5, 179	22, 390
<b>s</b>				
<b>Grandes</b>	3, 051	3, 715	4, 594	11, 360
	328,718	1, 580, 587	1, 013, 743	2, 923, 048

En el 96.9% correspondiente a micro, pequeñas y medianas empresas, quedan inmersas las PyMEs desarrolladoras de software de México. Actualmente, no existe un censo de la industria del software que proporcione información exacta sobre el número de empresas pertenecientes a esta industria, por tal motivo una estimación mostrada en [González, 2006] indica que a nivel nacional podrían existir alrededor de 1,500 empresas de software y servicios relacionados. Mientras que en el Directorio de Empresas de Tecnologías de la Información (DETI) se encuentran registradas 1,018 empresas al mes de julio de 2007 [SOFTWARE, 2007].

La industria del software en México participa con sólo el 0.10% del Producto Interno Bruto (PIB), ya que es una industria joven en el país, sin embargo representa una oportunidad de crecimiento económico. Nuestro país tiene a su favor su ubicación geográfica, fuerza de trabajo y acceso a mercados internacionales, no obstante en la actualidad no es el único país que considera el sector de desarrollo software como una oportunidad importante para generar nuevas fuentes de riqueza y empleo [González, 2006]. Sin embargo, para que la industria mexicana de software incremente su competitividad, necesita adoptar un programa masivo de mejora de procesos [Oktaba, 2005], al mismo tiempo debe afrontar la problemática que se presenta en muchas empresas PyMEs alrededor del mundo, por ejemplo:

- Tiempo y presupuesto limitado [Mondragon, 2005], [Miluk, 2005], [Oktaba, 2005], [Serrano, 2005], [Revankar, 2005], [De Amescua, 2005], [Silveira, 2005], [Laporte, 2005].
- Falta de habilidades y visión del personal [Mondragon, 2005], [Emam, 2005], [Laporte, 2005], [Oktaba, 2005], [Steenbecker, 2005].
- Falta de guía para implementar iniciativas de mejora [Serrano, 2005], [Oktaba, 2005], [Revankar, 2005].
- Falta de tecnología y herramientas apropiadas para interpretar los modelos existentes [De Amescua, 2005], [Silveira, 2005].

Los modelos existentes utilizados a nivel internacional que apoyan la SPI están orientados a grandes empresas y se debe tener cuidado especial para su implementación, evitando caer en los

problemas que frecuentemente se presentan en las iniciativas de mejora de procesos, por ejemplo [CCTI, 2005], [Calvo, 2006]:

- El modelo no es bien adaptado.
- Falta de compromiso.
- Expectativas poco realistas.
- Interés por la certificación y no en la mejora.
- Falta de tiempo de los participantes.
- No existe el conocimiento o entrenamiento adecuado.
- La mejora se vuelve una carga.

Enfocándonos en el modelo IDEAL, observamos que existe poca información de cómo se puede adaptar a empresas pequeñas y cuáles son los factores e interdependencias que deben ser tomados en cuenta. El modelo IDEAL está basado en experiencias de grandes organizaciones, por lo que como modelo secuencial es altamente recomendado, sin embargo en la práctica es casi imposible seguir una secuencia ya que algunas actividades se realizan en forma paralela. Además las fases del modelo no están claramente definidas [Kautz, 2000].

Hasta el año 2000, existía una extensa literatura sobre el **qué** debe hacerse al implantar un proceso de mejora del proceso software, pero lamentablemente no se había publicado sobre los detalles de **cómo** debe implementarse [Guerrero, 1999]. Por ejemplo, para la fase de diagnóstico del modelo IDEAL se presenta la carencia de herramientas adecuadas para evaluar la situación actual de la empresa. Las metodologías existentes para realizar una evaluación formal son excesivamente complejas y costosas para realizar una primera evaluación [Galindo, 2006]. Mientras que en la fase de establecimiento, una de las actividades más críticas era la creación del plan de acción y a menudo era descuidada [McFeeley, 1996].

En el estudio [De Amescua, 2005] realizado en 13 organizaciones que muestran una variedad de niveles de madurez se reflejó que el tiempo para la mejora de procesos fue de 3.5 años y un costo medio anual de \$3,567,200.00 lo que indica que es caro y consume mucho tiempo para las PyMEs. A pesar de que no existen modelos o estándares internacionales de mejora de procesos software para PyMEs y micro empresas y de algunos argumentos en contra de la aplicación de los modelos de mejora de proceso como los altos costos [Goldenson, 2005], [Calvo, 2005], hay un marcado interés por parte de la comunidad de IS y de estas empresas por mejorar la forma de realizar sus actividades, prueba de ello son los esfuerzos que se han publicado en diversas fuentes; los datos de Pino muestran que existe un interés especial de la comunidad de IS y de las propias PyMEs por abordar la mejora del proceso software ya que el 80% de las empresas reportadas en las que se llevó a cabo algún esfuerzo de SPI contaban con menos de 50 empleados. En la mayoría de los casos, los programas de mejora en esas empresas no condujeron, en un corto plazo, a la certificación de la ISO y menos a una certificación del SEI [Pino, 2006].

En el año 2004 durante la reunión del subcomité de ingeniería de sistemas y software de la ISO (ISO/IEC JTC1/SC7, *International Organization for Standardization/ International Electrotechnical Commission/Joint Technical Committee 1/ Sub Committee 7*) realizada en Australia, se hizo patente el interés en requerir estándares para pequeñas empresas adaptados a su tamaño y nivel de madurez. En Mayo del 2006 México se integró al grupo JTC1/SC7/WG24 (*Joint Technical Committee 1/ Sub Committee 7/Working Group 24*) y tuvo presencia en la reunión en Tailandia donde dentro de las prioridades definidas se encuentra el desarrollo de perfiles y guías

para organizaciones con 25 empleados o menos [Laporte, 2007]. También la creación de SPIN's (*Software and Systems Process Improvement Network*) en Latinoamérica muestra el interés de la comunidad de IS para compartir experiencias y conocimientos en temas de mejora de procesos software. Dentro de sus principales metas está contar con los modelos de mejora de procesos del SEI en el idioma de la región [Bedini, 2006].

Otros datos de organizaciones de varios países se encuentran publicados en las evaluaciones reportadas en el SEI. Por ejemplo, el informe del mes de julio del año 2006 muestra que la mayoría de las organizaciones se ubican en los Niveles 2 (*gestionado*) y 3 (*definido*) del modelo CMMI<sup>4</sup>. En este informe participaron 1377 organizaciones, de las cuales el 55.4% son de servicios según la clasificación industrial estándar SIC, por sus siglas en inglés (*Standard Industrial Classification*) y el 43.3% de las organizaciones tiene entre 1 y 100 empleados. Las evaluaciones se realizaron en varias disciplinas, el 36.2% de las evaluaciones fueron en desarrollo software. La mayoría de organizaciones de EE.UU. reportadas al SEI se encuentra en el Nivel 2 (gestionado) mientras que las organizaciones del resto de los países se encuentran en el Nivel 3 (definido) del CMMI. EE.UU. ocupa el primer lugar con 598 evaluaciones en los cinco niveles del modelo CMMI, le siguen la India con 177, China 158, Japón 155 y Francia 65. México y el resto de países ocupan el lugar 17 de 50 con 10 evaluaciones [SEI, 2006].

En México la mayoría de las empresas de TI son PyMEs con menos de 100 empleados [Oktaba, 2005]. En ese sector se encuentran las PyMEs desarrolladoras de software, que según una estimación mostrada por [González, 2006] indica que a nivel nacional podrían existir alrededor de 1, 500 empresas de software y servicios relacionados. Estas empresas de software presentan debilidades con respecto a la calidad de sus procesos de desarrollo software [González, 2006]. *Lo anterior hace evidente la necesidad de que estas empresas incrementen la calidad de sus procesos, y una alternativa de mejorar la calidad de los procesos software es implementar proyectos de mejora* [Pino, 2006a]. *Por consecuencia procesos de alta calidad producirán constantemente productos de alta calidad* [Watts, 2007].

En diversos reportes y publicaciones se han mostrado algunos resultados de los esfuerzos en la mejora de procesos de PyMEs. Por ejemplo, el reporte de evidencias cuantitativas de 35 organizaciones pequeñas y grandes de agosto de 2006 publicado por el SEI muestra los beneficios obtenidos de iniciativas de mejora basadas en CMMI (véase Tabla 2) [Gibson, 2006].

En [Calvo, 2006] se listan algunos beneficios de la mejora de procesos, los cuales coinciden con los reportados en [Gibson, 2006]:

- Reduce costos de desarrollo y mantenimiento (Menor retrabajo y reducción de desarrollo).
- Mejora la satisfacción del cliente (Reducción de defectos en post lanzamiento de un producto).
- Reduce el tiempo de ciclo.
- Mejora el beneficio (*Return On Investment*).
- Mejora el personal profesionalista (Moral del empleado, menos crisis, menos rotación de personal).

---

<sup>4</sup> CMMI en su representación por etapas maneja el grado de madurez: 1-Inicial, 2-Gestionado, 3-Definido, 4-Cuantitativamente gestionado y 5-Optimizado [CMMI, 2006].

**Tabla 2.** Resultados de rendimiento basados en CMMI.

<b>Categoría de rendimiento</b>	<b>Mejora (media)</b>
Costo	34%
Calendario	50%
Productividad	61%
Calidad	48%
Satisfacción del cliente	14%
Retorno de la inversión (ROI)	4:1

En base a la problemática que actualmente enfrentan las PyMEs desarrolladoras de software en México con respecto a la calidad de sus procesos y a los beneficios que conlleva una iniciativa de mejora, se propone desarrollar un mecanismo para abordar eficientemente las fases de diagnóstico y establecimiento de IDEAL, con la finalidad de mejorar la calidad de los procesos y por consecuencia la calidad de los productos.

### 1.3. Hipótesis del trabajo

La hipótesis para el desarrollo del trabajo de tesis es:

*“Es posible diseñar un mecanismo para la definición de planes de acción de mejora de procesos a partir de los resultados de evaluaciones de los procesos de desarrollo software y de las prioridades y necesidades presentadas en las PyMEs mexicanas de software”.*

Las consideraciones que inciden en el establecimiento de esta hipótesis son las siguientes:

- Actualmente, las empresas de desarrollo software en México enfrentan una problemática con respecto a la calidad y a la falta de capacidad de los procesos de desarrollo software, y a sus consecuencias en la calidad de los productos [González, 2006]. Por lo que se hace evidente la necesidad de que estas empresas y en particular las PyMEs, implementen iniciativas de SPI con la finalidad de evaluar y fortalecer sus procesos y como consecuencia mejorar la calidad de sus productos.
- Hoy en día no existen estándares para pequeñas empresas ya que los modelos de evaluación y mejora de procesos existentes están basados en experiencias de grandes organizaciones por lo que sólo son costeables para empresas grandes. Por lo tanto es necesario que las PyMEs desarrolladoras de software adapten los modelos de evaluación y mejora de procesos existentes de acuerdo a sus necesidades y realidades sin tener que invertir demasiado dinero.
- En la actualidad, una de las principales metas de la SPI es producir software de calidad, en tiempo, dentro del presupuesto y con la funcionalidad requerida [Serrano, 2005]. Pero el éxito de un proyecto SPI dependerá de la motivación de los miembros del equipo de desarrollo y el patrocinio de los máximos ejecutivos [Shintani, 2005], [Steenbecker, 2005], [Mondragón, 2005].

### 1.4. Delimitaciones de la tesis

El desarrollo de este trabajo se enfoca a proporcionar un plan inicial delimitado a las PyMEs desarrolladoras de software, con el propósito de que éstas alcancen una mejora significativa en la evaluación de sus procesos de desarrollo software y generación de planes de acción de mejora.

La experimentación se centrará en validar el mecanismo propuesto a través de una herramienta Web de evaluación de procesos de desarrollo software y generación de planes de acción de mejora para procesos prioritarios de una PyME de desarrollo de software.

- La propuesta se basa en una iniciativa de mejora de procesos software y se centra principalmente en las fases de diagnóstico y establecimiento del modelo IDEAL.
- Las empresas a las que va dirigidas este trabajo de tesis deberán ser PyMEs desarrolladoras de Software.
- La herramienta producto de esta tesis, se centra únicamente en evaluar empresas y proponer planes de acción para la mejora.
- La propuesta se limita en proporcionar un plan inicial de mejora basado en las prácticas del Nivel 2 del modelo de referencia de procesos CMMI-DEV v1.2. Las limitaciones de la investigación son planteadas a continuación.

## 1.5. Limitaciones

- No existe un modelo de calidad orientado a establecer planes de acción que sirvan para mejorar el proceso de desarrollo software adecuado a las PyMEs mexicanas, por lo que se tendrá que adaptar un modelo de calidad ya existente enfocado a software comercial.
- SysProVal será probado en empresas del Estado de Oaxaca, sin embargo se aclara que éstas posiblemente no posean la infraestructura ideal para obtener datos significativos sobre la evidencias de sus respuestas.

## 1.6. Objetivos del trabajo

Por todo lo anterior, se propone desarrollar un mecanismo con la finalidad de mejorar la calidad de los procesos y por consecuencia la calidad de los productos. La presente tesis establece el siguiente objetivo general:

### 1.6.1. Objetivo general

*Diseñar un mecanismo basado en una iniciativa de mejora de procesos software que permita: generar planes de acción de acuerdo a las prioridades y realidades de cualquier PyME desarrolladora de software a partir del análisis de evaluaciones de procesos de desarrollo software.*

Para alcanzar el objetivo general será necesario conseguir ciertos objetivos secundarios (véase Figura 1.4). Estos establecerán las aportaciones esperadas al final de la tesis:

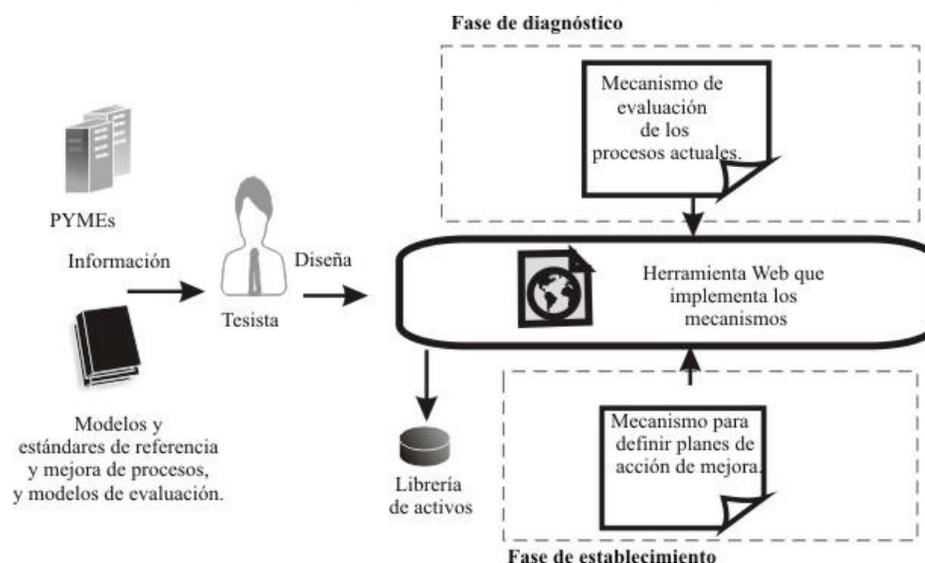
### 1.6.2. Objetivos específicos

- *Realizar un análisis comparativo empírico de los modelos de proceso software, de los modelos de mejora de procesos y de los modelos de evaluación de procesos.*

- *Desarrollar un mecanismo de evaluación que permita identificar adecuadamente las fortalezas y debilidades de los procesos de desarrollo software de cualquier PyME desarrolladora de software.*
- *Desarrollar un mecanismo de definición de planes de acción que permita analizar los resultados de evaluaciones de procesos de desarrollo software de cualquier PyME desarrolladora de software.*
- *Desarrollar una herramienta Web para la evaluación de procesos de desarrollo software y generación de planes de acción.*
- *Crear una librería de activos para almacenar y recuperar la documentación generada durante la evaluación y generación de planes de acción para una PyME desarrolladora de software.*

## 1.7. Solución propuesta

La propuesta de esta tesis pretende ayudar a las PyMEs desarrolladoras de software a identificar sus fortalezas y debilidades a través de un mecanismo de evaluación interno, seguro y preciso, que permita coleccionar datos acerca del estado actual de los procesos de desarrollo de software. Este mecanismo también permitirá el análisis de los datos recogidos para identificar y priorizar áreas que se necesitan mejorar con la finalidad de generar planes de acción. Dicho análisis considerará factores tales como: áreas débiles y fuertes, necesidades y prioridades de la empresa, modelo de mejora de procesos utilizado como referencia, entre otros. Los planes de acción consisten de un conjunto de acciones para mejorar procesos software. Algunas acciones de mejora deben interactuar o apoyarse para alcanzar los objetivos propuestos a corto y largo plazo [SPICE, 2007]. Para generar tales acciones el mecanismo se apoyará de las prácticas definidas en el modelo de procesos utilizado como referencia para obtener una especificación de acciones de mejora; se definirán criterios de éxito para cada acción y se establecerá como será medido el progreso; se definirá el calendario de ejecución de acciones propuestas y riesgos; se identificarán responsabilidades para las acciones y necesidades de capacitación. El conjunto de acciones acordadas serán documentadas como un plan de acción de mejora de proceso.



**Figura 1.4.** Arquitectura del mecanismo a diseñar

Así mismo se pretende que con este mecanismo las PyMEs mejoren la calidad de sus procesos y por consecuencia la calidad de sus productos a través de la recomendación de prácticas utilizadas por grandes organizaciones pero adaptadas a pequeñas empresas, sin perder de vista las necesidades y prioridades de la empresa. La propuesta se limita a proporcionar un marco teórico de mejora de procesos basado en las prácticas del Nivel 2 del modelo de referencia de procesos CMMI-DEV v1.2, ya que este nivel es caracterizado como un proceso planeado y ejecutado de acuerdo con las políticas establecidas, emplea personal capacitado -quienes tienen los recursos adecuados-, es monitoreado, controlado y revisado, además asegura que existen prácticas que son retenidas durante tiempos de estrés [CMMI, 2006].

Se eligió el uso del modelo CMMI-DEV v1.2 por su amplia aceptación a nivel mundial y por la falta de herramientas de evaluación interna que permitan a las empresas desarrolladoras de software mejorar sus procesos software sin invertir demasiado.

El desarrollo de la propuesta se ha centrado a proporcionar un marco teórico para que las PyMEs desarrolladoras de software alcancen una mejora significativa en la evaluación de sus procesos de desarrollo software y generación de planes de acción de mejora.

La experimentación se centrará en validar el mecanismo propuesto a través de una herramienta Web de evaluación de procesos de desarrollo software y generación de planes de acción de mejora para procesos prioritarios de una PyME de desarrollo de software.

- *Aportaciones teóricas y de investigación de base:*
  - Realizar un análisis comparativo empírico de los modelos de proceso software, de los modelos de mejora y de los modelos de evaluación de procesos.
- *Aportaciones metodológicas:*
  - Diseñar un mecanismo de adaptación del modelo de referencia de procesos.
  - Desarrollar un mecanismo de evaluación que permita identificar adecuadamente las fortalezas y debilidades de los procesos de desarrollo software.
  - Desarrollar un mecanismo de definición de planes de acción a partir del análisis de los resultados de evaluaciones de procesos de desarrollo software.
  - Diseñar un mecanismo basado en una iniciativa de mejora para la definición de planes de acción a partir de los resultados de evaluaciones de los procesos software de cualquier PyME desarrolladora de software.
- *Aportaciones prácticas:*
  - Diseñar y construir una herramienta Web para evaluar procesos de desarrollo software y generar planes de acción de mejora de procesos, que permitirá validar el mecanismo propuesto.

La propuesta se basa en una iniciativa de mejora de procesos software y se centra principalmente en las fases de diagnóstico y establecimiento del modelo IDEAL y está enfocada a PyMEs desarrolladoras de software a quienes les proporcionará un mecanismo eficiente de generación de planes de acción a partir del análisis de los resultados de evaluaciones de procesos de desarrollo software.

El propósito general de la fase diagnóstico de IDEAL es detectar las fortalezas y debilidades de una empresa, mismo que será alcanzado en la propuesta a través del análisis de la información

proporcionada por los jefes de proyecto de una PyME desarrolladora de software. Por medio de un mecanismo de evaluación basado en un cuestionario que recolectará la información a través de una herramienta Web. Se conocerá el estado de los procesos actuales con respecto al modelo de referencia de procesos CMMI-DEV v1.2.

El propósito general de la fase establecimiento de IDEAL es desarrollar o refinar un plan de acción estratégico que proporcione una guía de SPI. El plan de acción estratégico es crítico ya que debe proporcionar una guía clara de las acciones de mejora. Los planes de acción SPI son creados a partir de los datos obtenidos de las actividades efectuadas en la fase diagnóstico vinculados con la visión y objetivos de negocio de la empresa, contienen información acerca de las áreas que serán mejoradas, prioridades y una descripción de los procesos que permitirán lograr el mejoramiento [Guerrero, 1999].

Las acciones de mejora se describirán a través de la definición de planes de acción tácticos, estos planes contienen descripciones detalladas de las actividades y de los recursos necesarios para llevar a cabo cada una de las acciones de mejora [SPICE, 2007].

En la propuesta de esta tesis se pretende abordar esta fase con ayuda de los directivos de una PyME desarrolladora de software ya que es importante obtener el compromiso de ellos. Para desarrollar la fase de establecimiento se utilizarán los resultados de evaluaciones de procesos de desarrollo software con la finalidad de establecer prioridades basadas en la disponibilidad de recursos, dependencias entre acciones recomendadas y financiamiento (datos otorgados por los directivos). Posteriormente a la definición de prioridades se desarrollarán planes de acción que incluyan las prioridades y realidades de la empresa.

La documentación generada a través de la definición de planes de acción de mejora formará parte de la librería de activos que servirá para subsecuentes ejecuciones de la herramienta propuesta. El mecanismo de generación de planes de acción construido será validado en proyectos SPI pilotos sobre una PyME desarrolladora de software.

## **1.8. Estructura de la tesis**

La estructura del documento de tesis se detalla a continuación.

El capítulo 2 proporciona un marco teórico sobre los modelos de referencia, de evaluación y de mejora de procesos, el cual sirve de base para implementar un mecanismo de evaluación y definición de planes de acción enfocados a la mejora de los procesos software.

El capítulo 3 describe la propuesta de solución de acuerdo a los objetivos planteados inicialmente en el presente trabajo.

El capítulo 4 muestra los resultados de validación en entornos reales y se describen las inferencias realizadas.

En el capítulo 5 se muestran las conclusiones finales obtenidas del desarrollo de la investigación y las líneas futuras de investigación.

El anexo A presenta una lista de acrónimos que se mencionan durante el desarrollo del presente trabajo.

Por último se presentan las referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo de esta tesis.



## 2. Estudio de los Principales Modelos de Referencia, Evaluación y Mejora del Proceso

### 2.1. Antecedentes

En la década de los años 60's ya estaba empezando a ser demostrado el atrasado estado de desarrollo la Ingeniería de Software (IS) en comparación con otras. Así mismo, quedó de manifiesto la problemática relacionada con el desarrollo software. Algunos de estos problemas se siguen manifestando hoy en día, entre ellos: la complejidad del software requerido, la incertidumbre en el costo, fecha de entrega y calidad de los productos generados [Bauer, 1969], [López, 2004], [De la Villa, 2004], [Galindo, 2006], [Watts, 2007].

La IS, como disciplina que ofrece métodos y técnicas para desarrollar y mantener software de calidad para cualquier campo, se enfrenta con muchos más obstáculos para tratar la calidad en comparación con otras ciencias, por ejemplo [Bedini, 2001]:

- No existe una definición estándar y universal de qué es la calidad.
- La calidad debe satisfacer a una amplia gama de entes relacionados pero no mutuamente excluyentes: clientes, procesos, organismos, productos.
- Falta crear una cultura de calidad.

El término *calidad* es ambiguamente definido y pocas veces comprendido, puesto que puede variar para cada persona en particular. Como ocurre con el concepto general de calidad, tampoco existe una única definición de calidad de software. Según la IEEE, la calidad debe ser medible y predecible, los factores que posee deben ser ausencia de defectos, satisfacción del usuario y conformidad con los requerimientos; mientras que según la norma ISO/9126 las características de calidad son portabilidad, eficiencia, confiabilidad, usabilidad, funcionalidad y mantenibilidad [Bedini, 2001].

Dado que la calidad del producto software depende en gran medida de la calidad del proceso para desarrollarlo, en los últimos años se ha puesto especial énfasis en la madurez del proceso software por lo que surgen estándares que se focalizan en elevar ésta madurez, para asegurar y mejorar la calidad del producto software [Rivero, 2004], [De la Villa, 2004].

Estos estándares y modelos comenzaron a aparecer como marcos de trabajo en la década de los 80's y alcanzaron un mayor auge en la década de los 90's. Esta década estuvo caracterizada por el uso de la palabra *calidad* en todos los campos [Bedini, 2001], [De la Villa, 2004].

La finalidad de los marcos de trabajo es la de mejorar los procesos software, brindar pautas para efectuar evaluaciones, determinar la capacidad de los procesos y de la madurez de la organización. En definitiva, los marcos de trabajo buscan: [Bedini, 2001]

- Mejorar los procesos software.
- Aumentar la productividad.
- Mejorar la calidad de los productos software y disminuir su costo.

Organizaciones como la IEEE, ISO y el SEI, entre otros, han desarrollado y promovido estándares y modelos de referencia de procesos, de evaluación de procesos y de mejora de procesos, tales como: *CMM-SW v1.1*, *CMMI DEV v1.2*, *IDEAL*, *ISO/IEC 15504*, *ISO 9000:2000*, *MoProSoft*, *CBA\_IPI*, *SCAMPI*, *EvalProSoft*, entre otros.

En 1984, el Departamento de la Defensa de los Estados Unidos (DoD, por sus siglas en inglés) establece al SEI, perteneciente a la Universidad de Carnegie Mellon como un centro de investigación y desarrollo con el objetivo de liderar los avances para la mejora de la calidad de los sistemas dependientes del software. [De la Villa, 2004]

En 1985 el SEI empieza a trabajar en un marco de madurez de procesos que permita evaluar a las empresas productoras de software. En 1991 el SEI publica la versión 1.0 del CMM-SW. Posteriormente, en 1993 publica la versión 1.1 del CMM-SW y en 1997 la versión 1.2. En el año 2000, el CMM-SW fue integrado y relevado por un nuevo modelo denominado CMMI [Palacio, 2006].

Por su parte, la ISO, en 1987 plasma los estándares de calidad y desarrollo al publicar la norma ISO 9000 - conjunto de estándares internacionales para sistemas de calidad- aplicable a todos los campos. Esta norma ha sido revisada en dos ocasiones, en 1994 y en el 2000. Actualmente existen las normas ISO 9001:2000 e ISO/IEC 9000-3-2004 que son aplicables para organizaciones dedicadas al desarrollo software [De la Villa, 2004], [URL-4]. En junio de 1989, la ISO y la Comisión Internacional Electrotécnica (IEC, por sus siglas en inglés) crean el comité técnico 1 para la estandarización en el campo de las tecnologías de la información (ISO/IEC JTC1, por sus siglas en inglés). A este comité pertenece el subcomité 7 encargado de la estandarización en ingeniería de software y sistemas (ISO/IEC JTC1/SC7, por sus siglas en inglés), quien a través del grupo de trabajo 10 (WG10, por sus siglas en inglés) desarrolló un estándar internacional para gestión de procesos e ingeniería del software -estándar ISO/IEC 15504-. Este proyecto denominado SPICE es iniciado en 1995 y terminado en 2003 [SPICE, 2007].

Ahora bien, enfocándonos a nuestro país, México, el Modelo de Procesos para la Industria de Software (MoProSoft) fue creado en el año 2002 a través del Programa para el Desarrollo de la Industria de Software (ProSoft) de la Secretaría de Economía. Este modelo, se basa principalmente en las normas ISO/IEC 9001:2000, ISO/IEC 15504-2:1998 y en el CMM-SW v1.1:1993 [Oktaba, 2005].

Las herramientas automatizadas que ayudan a las organizaciones software a identificar el estado actual de los procesos son muy poco conocidas. Una de ellas es CMM Quest v1.2 que sirve para ejecutar evaluaciones de los procesos y que utiliza el modelo de referencia de procesos CMM-SW en sus 5 niveles. CMM Quest v1.2 apoya al evaluador en cada fase de valoración, desde la planificación hasta la evaluación y presentación de los resultados.

La complejidad de los proyectos relacionados con los sistemas de información hace que sea imprescindible realizarlos con la mayor solidez metodológica, usar procesos más modernos y exitosos. Desde el momento en que una organización expresa una necesidad en materia de TI a un

fabricante de software da comienzo un proceso complejo que involucra a un conjunto de personas con funciones heterogéneas que deben coordinarse para satisfacer esa necesidad. El objetivo está entonces en el aspecto gerencial del proyecto: planificar, organizar, dirigir, ejecutar y controlar el mismo, de modo de lograr los objetivos establecidos, por lo que la gestión de proyectos toma su importancia para contribuir a desarrollar productos de calidad [López, 2004], [Watts, 2007], [URL-5].

A lo largo del tiempo se han desarrollado modelos, metodologías y/o estándares que proporcionan una guía en la ejecución de las prácticas efectivas para intentar mejorar el desempeño de procesos específicos tales como la gestión de proyectos [García, 2005].

Entre los estándares y modelos disponibles relacionados con la mejora de procesos, los más utilizados por las PyMEs desarrolladoras de software son [De la Villa, 2004], [Pino, 2006]:

- CMM-SW como modelo de procesos,
- ISO/IEC 15504 como método de evaluación, e
- IDEAL como modelo para guiar la mejora.

Con el objetivo de proponer un mecanismo alternativo para la evaluación y definición de planes que mejore el desarrollo de software, a continuación se presentan un análisis sobre los principales modelos y/o estándares encontrados en la literatura. El estudio comparativo aquí presentando se enfoca en efectuar un análisis empírico sobre los modelos y estándares existentes, para formular así un mecanismo que cumpla las deficiencias de su aplicabilidad a las PyMEs.

## 2.2. Modelos de referencia del proceso.

Un modelo de gestión de procesos incluye procesos y prácticas que la experiencia demostró que han sido eficaces. Se pueden usar para valorar procesos actuales, establecer procesos estables, capaces y maduros o como guía para la mejora de procesos [Álvarez, 2005].

La gestión por procesos encierra cuatro factores importantes para una organización [Palacio, 2005]:

- *Repetitividad de resultados.* Aplicar el mismo proceso garantiza la homogeneidad de los resultados.
- *Escalabilidad.* No sólo un equipo consigue resultados homogéneos en todos los proyectos, sino que los obtienen todos los equipos.
- *Mejora continua.* Midiendo y analizando para aplicar medidas que mejoran de forma continua la eficiencia y calidad de los procesos.
- *Un conocimiento propio.* El modelo de procesos termina conteniendo un activo valioso: la clave para hacer las cosas bien, con eficiencia y de forma homogénea.

Los modelos de referencia de procesos que a continuación se exponen dan a conocer las mejores prácticas en la gestión y desarrollo software. Se describen las consideraciones a tener en cuenta para cada uno de ellos.

### 2.2.1. CMM-SW (Capability Maturity Model for Software)

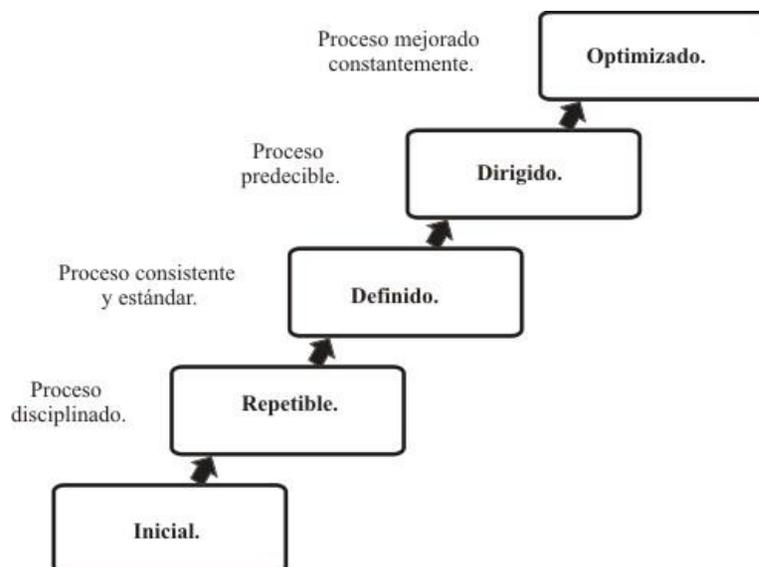
Este modelo es fruto del trabajo del SEI, organización que desde 1985 centra sus esfuerzos en mejorar la práctica del proceso software. En 1991 se publica la versión 1.0 del CMM-SW, en 1993 publica la versión 1.1 y en 1997 publica la versión 1.2. En este modelo se definen un conjunto de áreas clave del proceso, que describen las funciones de ingeniería de software que deben llevarse a cabo para el desarrollo de una buena práctica [Paulk, 1993].

El CMM-SW proporciona a las organizaciones una guía sobre cómo adquirir el control de sus procesos en el desarrollo y mantenimiento del software, y cómo evolucionar hacia una cultura de ingeniería de software y de excelencia de gestión. El CMM-SW fue diseñado para guiar a las organizaciones a seleccionar sus estrategias de mejora del proceso determinando la madurez del proceso actual e identificando los asuntos más críticos para la calidad del software y la mejora del proceso.

El CMM-SW puede ser usado para:

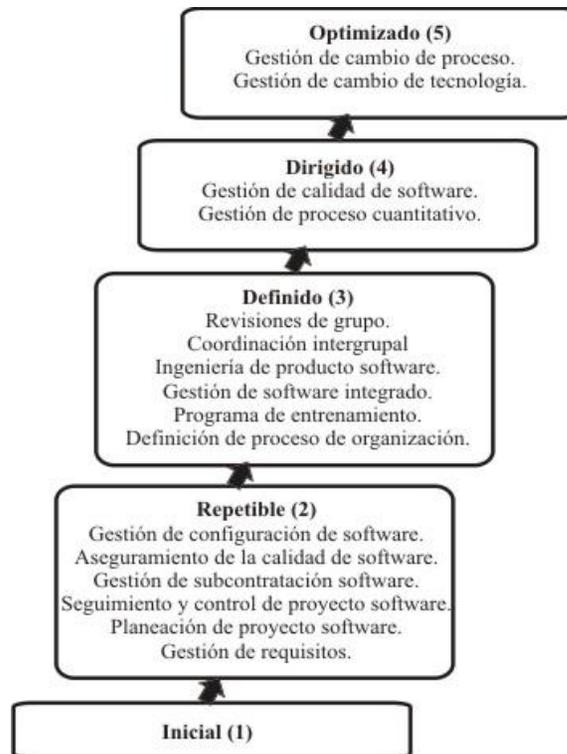
- Identificar las fortalezas y debilidades de una organización.
- Identificar los riesgos de seleccionar contratistas y supervisión de contratos.
- Comprender las actividades necesarias para planear e implementar un programa de mejora de procesos software para una organización.

EL modelo, en general, suministra un marco que describe una ruta evolutiva de procesos *ad hoc* (es decir, modificados conforme el proyecto avanza) y caóticos (procesos donde no hay ningún control) a procesos de software maduros y disciplinados que conllevan a una mejora continua del proceso software. El CMM-SW organiza estos pasos evolutivos en cinco niveles de madurez sucesivos para que una mejora de proceso sea continua. Estos cinco niveles de madurez definen una escala ordinal para medir la madurez del proceso software de una organización y para valorar su capacidad. Los niveles también ayudan a la organización a priorizar sus esfuerzos de mejora. Cada nivel comprende un conjunto de metas de proceso que, cuando se satisfacen, estabilizan un componente importante del proceso software. Alcanzar cada nivel del marco de madurez establece un componente diferente en el proceso software, resultando éste en un incremento en la capacidad de proceso de la organización (véase Figura 2.1).



**Figura 2.1.** Figura 2.1. Los cinco niveles de madurez del proceso software

Excepto para el Nivel 1, cada nivel de madurez es descompuesto en varias áreas clave de proceso que indican las áreas en las que una organización debe enfocarse para mejorar su proceso software. Las áreas clave de proceso identifican los asuntos que deben ser mejorados para alcanzar un nivel de madurez. Cada área clave de proceso identifica un grupo de las actividades relacionadas entre sí, que cuando son ejecutadas colectivamente consiguen un conjunto de metas consideradas importantes para aumentar la capacidad del proceso (véase Figura 2.2). Para obtener una referencia más detallada del CMM-SW consultar [Paulk, 1993].



**Figura 2.2.** Áreas clave de proceso por niveles de madurez

### 2.2.1.1. Ventajas

- El ámbito de aplicación de CMM-SW se enfoca al software [Paulk, 1993].
- Por su difusión y resultados reportados, ha sido un modelo exitoso. Son numerosos los casos de estudio y los estudios sistemáticos basados en CMM-SW que demuestran la mejora sustancial de los procesos [De la Villa, 2004], [Pino, 2006].
- El CMM-SW enfatiza la mejora continua de procesos, guía paso a paso la mejora del proceso a través de niveles de madurez [De la Villa, 2004], [Paulk, 1993], [Paulk, 2002].
- El CMM-SW también enfatiza la necesidad de registrar la información para el uso posterior en el proceso y para la mejora del proceso [Paulk, 1993].
- Bajo la premisa de que la calidad de un sistema (software) está altamente influenciada por la calidad de un proceso usado para desarrollarlo, el CMM-SW pone énfasis sobre procesos que son documentados y, practicados como fueron documentados [Paulk, 1993], [Paulk, 2002].

- Las prácticas de institucionalización, permiten asegurar que los procesos asociados con cada área de proceso serán efectivos, repetibles y duraderos [De la Villa, 2004].

### 2.2.1.2. Desventajas

- El CMM-SW es un “modelo exhaustivo”, cuenta con más de 200 páginas [Paulk, 2002], [Oktaba, 2003].
- El CMM-SW es un modelo que dice qué hacer pero no cómo hacerlo. Describe lo que un proceso debe dirigir en lugar de cómo un proceso debe ser implementado [Paulk, 2002].
- El CMM-SW no dirige todos los asuntos que son importantes para tener proyectos exitosos. Por ejemplo, el CMM no aborda dominios de aplicación especiales, defiende tecnologías de software específicas, o sugiere cómo seleccionar y contratar a personas competentes. El CMM-SW fue desarrollado específicamente para proporcionar un marco ordenado y disciplinado para software [Paulk, 1993].
- El CMM-SW está siendo reemplazado por CMMI [De la Villa, 2004], [Oktaba, 2003]
- Muchos autores coinciden en que los estándares del ISO y modelos del SEI difícilmente pueden ser aplicados a empresas pequeñas debido a que un proyecto de mejora supone gran inversión en dinero, tiempo y recursos. Sin embargo las PYMES desarrolladoras de software adaptan y utilizan estos estándares para emprender sus esfuerzos de mejora [Pino, 2006].

### 2.2.2. CMMI- DEV v1.2 (Capability Maturity Model Integration for Development v1.2)

El modelo CMMI es el resultado de los trabajos coordinados por el SEI con organizaciones de la industria y el gobierno de los Estados Unidos. El CMMI es el resultado de la evolución de CMM-SW, el SECM (The Systems Engineering Capability Model) y el IPD-CMM (The Integrated Product Development Capability Maturity Model). Las mejores prácticas en los modelos CMMI son producto de un proceso de evaluación extensivo. La versión 0.2 del CMMI fue revisada por la comunidad interesada y usada en actividades piloto. El equipo de producto del CMMI evaluó más de 3,000 solicitudes de cambio para crear el CMMI versión 1.0. Cuando la versión 1.02 fue entregada recibió un número menor de solicitudes de mejora. La versión CMMI 1.1 incorporó mejoras solicitadas a través de la retroalimentación por su uso, con más de 1500 solicitudes de cambios como parte de su revisión pública y cientos de comentarios como parte del proceso de control de cambios. La versión CMMI 1.2 fue desarrollada usando cerca de 2000 solicitudes de cambio enviadas por los usuarios de CMMI. Más de 750 dirigidas al contenido del modelo [CMMI, 2006].

El *marco de trabajo*<sup>5</sup> del CMMI agrupa las mejores prácticas dentro de lo que se llama "constelaciones". Una constelación es una colección de componentes del CMMI que son usados para desarrollar modelos, materiales de entrenamiento, y documentos de evaluación. La constelación CMMI-DEV consiste de dos modelos: el CMMI-DEV y el CMMI-DEV +IPPD. Ambos modelos comparten mucho de su material y son idénticos en las áreas compartidas. Los modelos en la constelación CMMI-DEV contienen prácticas que cubren la gestión de proyecto y de procesos, la ingeniería de sistemas, de hardware y de software; así como otros procesos de soporte usados en el

---

<sup>5</sup> El marco de trabajo de CMMI es la estructura básica que organiza los componentes de CMMI y los combina dentro de constelaciones y modelos CMMI [CMMI, 2006].

desarrollo y mantenimiento. El modelo CMMI-DEV +IPPD también cubre el uso de equipos integrados para actividades de desarrollo y mantenimiento.

El CMMI-DEV es un modelo de madurez para la mejora de los procesos relacionados con el desarrollo de productos y servicios. Consiste de las mejores prácticas que dirigen las actividades de desarrollo y mantenimiento que cubren el ciclo de vida del producto desde la concepción hasta la entrega y mantenimiento. Organizaciones de muchas industrias, incluyendo la aérea, la banca, el hardware, software, la defensa, industria automotriz y las telecomunicaciones usan CMMI para el desarrollo.

El CMMI-DEV permite enfocar la mejora de procesos y evaluaciones usando dos diferentes representaciones: continua y por etapas. Ambas representaciones usan el término niveles para describir un camino evolutivo en la mejora de los procesos. Para la representación continua, se usa el término “nivel de capacidad” mientras que para la representación por etapas, se usa el término “nivel de madurez”.

Los componentes del modelo son agrupados en tres categorías: Requeridos, Esperados e Informativos (véase Figura 2.3):

- *Componentes requeridos.* Describen lo que una organización debe lograr para satisfacer un área de proceso específica. Los componentes requeridos por el CMMI son las metas genéricas y específicas. La consecución de una meta es usada en evaluaciones como base para decidir si un área de proceso ha sido alcanzada y satisfecha.
- *Componentes esperados.* Describen lo que una organización debe implementar para alcanzar un componente requerido. Los componentes esperados guían a aquellos que implementan mejoras o ejecutan evaluaciones. Los componentes esperados incluyen las prácticas genéricas y específicas. Antes de que las metas puedan ser consideradas satisfechas, las prácticas deberán estar presentes en los procesos planeados e implementados de la organización.
- *Componentes informativos.* Proporcionan detalles que ayudan a las organizaciones a pensar sobre como ubicar los componentes requeridos y esperados.

En el CMMI-DEV, un nivel de madurez consiste de prácticas genéricas y específicas relacionadas entre sí, y relacionadas con un conjunto de áreas de proceso que mejoran el rendimiento de la organización. El nivel de madurez de una organización proporciona una guía para predecir el rendimiento en una disciplina o conjunto de disciplinas. Un nivel de madurez es un periodo evolutivo para la mejora organizativa del proceso software. Cada nivel de madurez desarrolla un subconjunto importante de procesos de la organización, es decir, la prepara para moverse al siguiente nivel de madurez. Los niveles de madurez son medidos por el alcance de metas genéricas y específicas asociadas a cada conjunto predefinido de áreas de proceso. Para obtener una referencia más detallada del CMMI-DEV v1.2 consultar [CMMI, 2006].

#### **2.2.2.1. Ventajas**

- Es el sucesor de CMM-SW, por lo que algunas áreas de proceso fueron realineadas (algunas expandidas y otras colocadas dentro de otras) y otras, como la medición y el análisis, fueron agregadas [Mutafelija, 2003].
- CMMI es adoptado ampliamente y es mejorado basado en retroalimentación recibida de la comunidad de interés [CMMI, 2006].

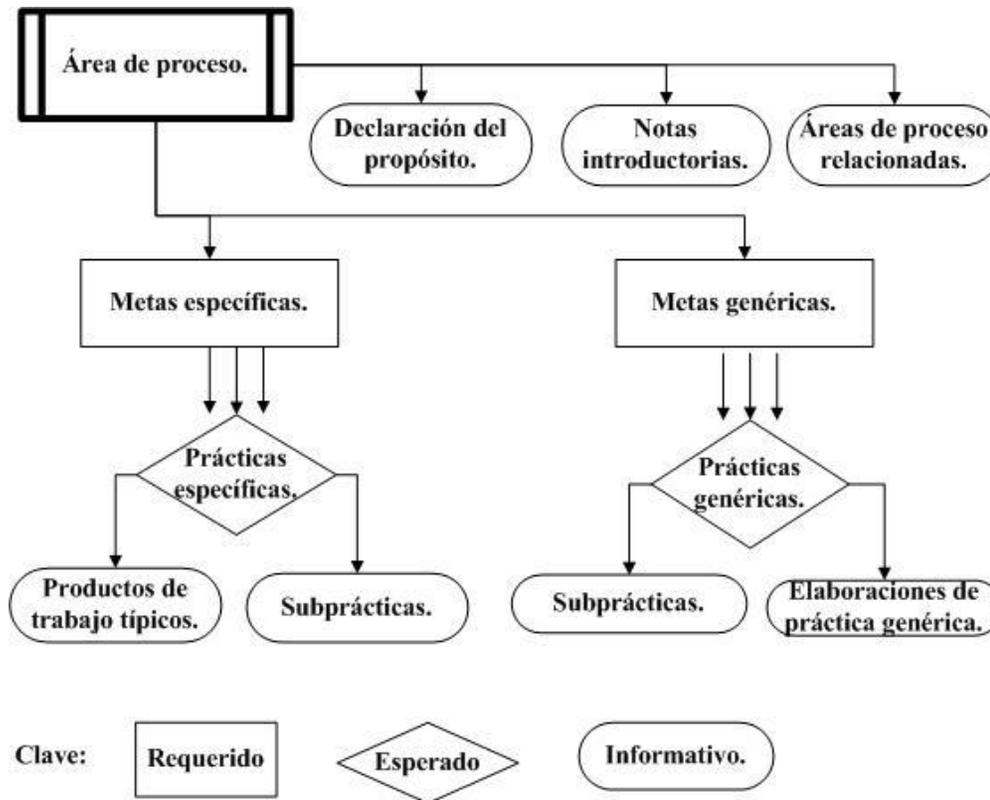


Figura 2.3. Componentes del modelo CMMI-DEV

- El modelo CMMI DEV v1.2 utiliza dos representaciones: por etapas y continua; su representación continua permite la flexibilidad para mejorar uno o más procesos [De la Villa, 2004], [CMMI, 2006].
- CMMI-DEV proporciona una oportunidad para evitar o eliminar barreras de disciplinas separadas a través de modelos integrados [CMMI, 2006].
- CMMI-DEV enfatiza muy fuertemente la institucionalización a través de metas genéricas y prácticas genéricas. Ésta es la principal fortaleza de CMMI, aspecto crítico para la mejora de proceso [Mutafelija, 2003].
- Inclusión de las prácticas de institucionalización, que permiten asegurar que los procesos asociados con cada área de proceso serán efectivos, repetibles y duraderos [De la Villa, 2004].
- Guía paso a paso para la mejora, a través de niveles de madurez y capacidad [Mutafelija, 2003].
- La suite del producto de CMMI-DEV muestra las prácticas en una estructura que ayuda a una organización a valorar su madurez organizativa y capacidad de proceso, establecen las prioridades para la mejora, y guían la implementación de estas mejoras [Heinz, 2003].
- El CMMI-DEV proporciona orientación detallada (proporciona prácticas, subprácticas, productos de trabajo y ampliaciones) de un proceso de mejora. Posee una especie de diccionario en el que se encuentran muchas palabras que siempre están asequibles a todos cuando las necesiten [Heinz, 2003], [Mutafelija, 2003].

### 2.2.2.2. Desventajas

- Muchos autores coinciden en que los estándares del ISO y modelos del SEI difícilmente pueden ser aplicados a empresas pequeñas debido a que un proyecto de mejora supone gran inversión en dinero, tiempo y recursos. Sin embargo las PyMES desarrolladoras de software adaptan y utilizan estos estándares para emprender sus esfuerzos de mejora. CMMI-DEV es demasiado normativo, en especial con pequeñas organizaciones que, además, funcionan y evolucionan de distinta manera que las grandes [De la Villa, 2004], [Pino, 2006].
- El CMMI-DEV puede llegar a ser excesivamente detallado y difícil de entender para algunas organizaciones, además requiere mayor inversión para ser completamente implementado [De la Villa, 2004].
- CMMI-DEV parece escrito para organizaciones ya maduras y vagamente escrito para ser usado en valoraciones [De la Villa, 2004].
- El CMMI-DEV puede ser considerado prescriptivo. La problemática inherente con un modelo CMMI es su complejidad, y aunque el modelo muestra el qué hacer, no muestra el cómo hacerlo, es por eso que es necesaria una estrategia que permita llegar a la adopción completa del modelo [De la Villa, 2004], [Armas, 2007].

### 2.2.3. Moprosoft (Modelo de Procesos para la Industria de Software)

El Modelo de Procesos para la Industria de Software (MoProSoft) fue creado en el año 2002 en México a través del Programa para el Desarrollo de la Industria de Software (ProSoft) de la Secretaría de Economía dependiente del Gobierno Federal. La versión 1.1 se hizo pública en el 2003 y la versión 1.3 que es parte de la norma NMX-I-059/04-NYCE-2005 Tecnología de la información-software-modelos de procesos y evaluación para desarrollo y mantenimiento de software, se publicó en el 2005 [Oktaba, 2005], [Oktaba, 2005a].

El propósito de MoProSoft es fomentar la estandarización de su operación a través de la incorporación de las mejores prácticas en gestión e IS, con el fin de elevar la capacidad de las organizaciones para ofrecer servicios con calidad y alcanzar niveles internacionales de competitividad.

MoProSoft está dirigido tanto a las empresas o áreas internas dedicadas al desarrollo y/o mantenimiento de software que no cuentan con procesos establecidos -ya que pueden usar el modelo ajustándolo de acuerdo a sus necesidades-, como a las organizaciones, que ya tienen procesos establecidos utilizándolo como punto de referencia para identificar los elementos que les hace falta cubrir.

Este modelo pretende apoyar a las organizaciones en la estandarización de sus prácticas, en la evaluación de su efectividad y en la integración de la mejora continua. MoProSoft presenta una iniciativa de mejora de los procesos software especialmente diseñada para micro, pequeñas y medianas empresas, teniendo en cuenta para su desarrollo las características propias para este tipo de organizaciones. La organización debe establecer la estrategia de implantación de los procesos definidos. Puede decidir probarlos en proyectos piloto o implantarlos al mismo tiempo en toda la organización. Con el transcurso del tiempo, los procesos deben evolucionar con base a las sugerencias de mejora e ir alcanzando los objetivos del plan estratégico de la organización con metas cuantitativas cada vez más ambiciosas. De esta manera la organización puede ir logrando la madurez a través de la mejora continua de sus procesos.

El modelo está enfocado a los procesos software y considera los tres niveles básicos de la estructura de una organización: la *Alta Dirección*, la *Gestión*, y la *Operación* (véase Figura 2.4). Para obtener una referencia más detallada de MoProSoft consultar [Oktaba, 2005a].

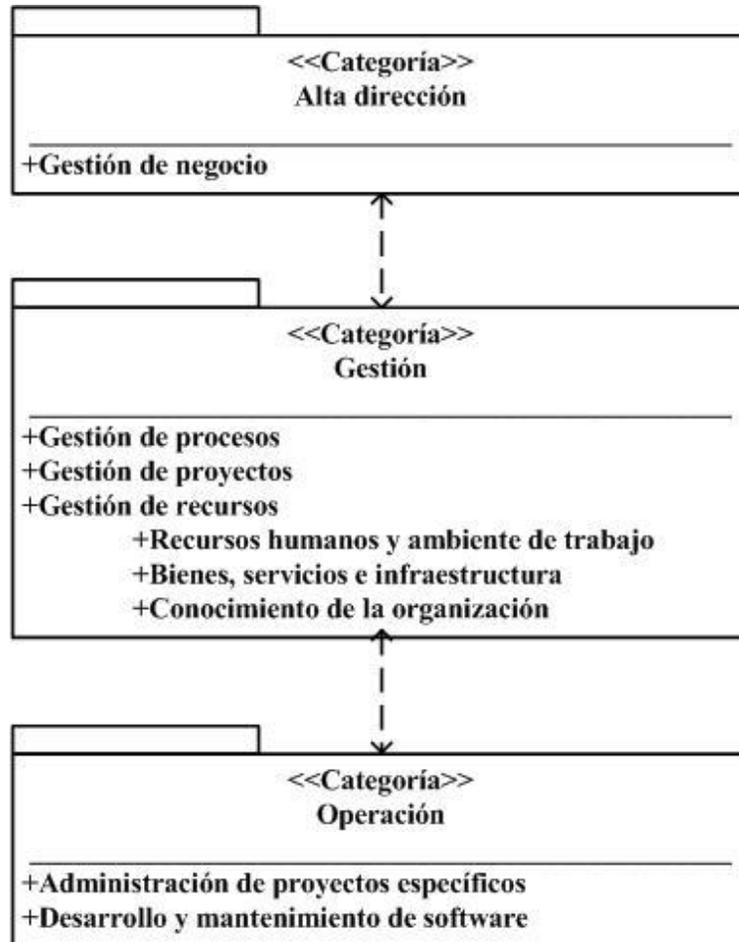


Figura 2.4. Estructura del modelo de procesos de MoProSoft

### 2.2.3.1. Ventajas

- MoProSoft está dirigido a las empresas o áreas internas dedicadas al desarrollo y/o mantenimiento de software [Oktaba, 2005a].
- A diferencia de CMM-SW y CMMI está dirigido a las PyMEs. Sintetiza las mejores prácticas en un conjunto pequeño de procesos que abarcan las responsabilidades de la alta dirección, gestión y operación [Oktaba, 2003a].
- Es un modelo que de manera más pragmática que otros presenta las mejores prácticas para la industria de software. Las salidas de un proceso están claramente dirigidas como entradas a otros procesos; las prácticas de planeación, seguimiento y evaluación están incluidos en todos los procesos de gestión y administración; los objetivos, los indicadores, las mediciones y las metas cuantitativas están incorporadas de manera congruente y práctica en todos los procesos; las verificaciones, validaciones y pruebas están incluidas de manera explícita

dentro de las actividades de los procesos; y existe una base de conocimiento que resguarda todos los documentos y productos generados por los procesos [Oktaba, 2003a].

- Se trata de un documento con poca extensión, unas 121 páginas, y al compararlo con otros modelos y estándares, resulta bastante práctico [Oktaba, 2003a].
- Es un modelo en idioma español, lo que representa una ventaja para las empresas de desarrollo de software del país [Oktaba, 2005a].
- Enfatiza la mejora continua. Con el transcurso del tiempo, los procesos deben evolucionar con base a las sugerencias de mejora e ir alcanzando los objetivos del plan estratégico de la organización con metas cuantitativas cada vez más ambiciosas. De esta manera la organización puede ir logrando la madurez a través de la mejora continua de sus procesos [Oktaba, 2005a].
- Es parte de una norma nacional [Oktaba, 2005]].

#### **2.2.3.2. Desventajas**

- Se requiere el apoyo de personas calificadas para implementarlo: personal interno o externo a la organización con las capacidades suficientes del modelo, o un evaluador certificado por un organismo rector [Oktaba, 2004].
- Moprosoft está diseñado para PYMES en México, por lo que sólo puede aplicarse en dicho país [Moralejo, 2005].
- La versión actualizada tiene un costo [URL-6].
- Moprosoft es parte de una norma nacional. Aunque está considerado como la base para elaborar un modelo de procesos de la industria de software reconocido en toda Iberoamérica [Oktaba, 2007].

#### **2.2.4. Familia de Normas ISO 9000**

La ISO fue fundada en 1947 y está ubicada en Ginebra, Suiza. Su propósito es desarrollar y promover estándares que faciliten y apoyen el comercio internacional. La IEC fue fundada en 1906 y está ubicada también en Ginebra, Suiza, su propósito es desarrollar estándares para todas las “electrotecnologías”. Ambas organizaciones de estándares son apoyadas por miembros de varios países, quienes participan en la escritura de los estándares a través de comités técnicos. El Comité Técnico 1 (JTC 1, por sus siglas en inglés) es el responsable para todos los estándares sobre TI, mientras que Subcomité 7 (SC 7, por sus siglas en inglés) es especialmente responsable para el desarrollo de estándares de ingeniería de sistemas y de software [URL-4].

En 1987 se publica la serie de normas ISO 9000, desarrolladas por el Comité Técnico 176, en relación a sistemas de calidad. Fueron revisadas por primera vez en 1994 y se publicaron como normas 9001, 9002 y 9003; y por segunda vez en el año 2000 y publicadas como 9000, 9001 y 9004. Estas normas son la base para el desarrollo de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) [OMC, 2001], [Methol, 2007]. La familia de normas ISO 9000 consta de cuatro normas básicas y otros documentos que la respaldan [OMC, 2001]:

- *ISO 9000:2000, Sistemas de Gestión de Calidad –fundamentos y vocabulario* (QMS, por sus siglas en inglés). Esta norma describe los conceptos de un SGC y define los términos fundamentales usados en la familia ISO 9000. La norma también incluye los ocho principios de gestión de la calidad que se usaron para desarrollar la ISO 9001 y la ISO 9004.

- *ISO 9001:2000, Sistemas de Gestión de la Calidad – Requisitos (Quality Management Systems – Requirements)*. Esta norma especifica los requisitos de un SGC, con el cual una organización busca evaluar y demostrar su capacidad para suministrar productos que cumplan con los requisitos de los clientes y los reglamentos aplicables, y con ello aumentar la satisfacción de sus clientes. Esta norma reemplaza a la ISO 9001:1994, la ISO 9002:1994 y la ISO 9003:1994.
- *ISO 9004:2000, Sistemas de Gestión de la Calidad – Directrices para la mejora del desempeño (Quality Management Systems – Guidelines for Performance Improvements)*. Esta norma proporciona orientación para la mejora continua y se puede usar para mejorar el desempeño de una organización. La ISO 9004 asume una perspectiva más amplia de gestión de la calidad y brinda orientación para mejoras futuras. Esta norma reemplaza a la ISO 9004-1:1994. Las directrices para autoevaluación se han incluido en el Anexo A de la ISO 9004:2000. Este anexo brinda un enfoque sencillo y de fácil uso para determinar el grado relativo de madurez del SGC de una organización e identificar las principales áreas de mejora.
- *ISO/DIS 19011, Directrices sobre Auditorías de Sistemas de Gestión de Calidad y/o Ambiental (Guidelines on Quality and/or Environmental Management Systems Auditing)*. Esta norma brinda orientación sobre la realización de auditorías de sistemas de gestión de la calidad y/o ambientales, internas o externas, para verificar la capacidad de un sistema para cumplir objetivos definidos.
- Además de las normas básicas, la familia ISO 9000 incluye directrices, reportes técnicos (TR) y especificaciones técnicas (TS), entre ellos [OMC, 2001]: ISO 10006:1997, Gestión de la Calidad – Directrices para la Calidad en Gestión de proyectos (*Quality Management - Guidelines to Quality in Project Management*); ISO 10007:1995, Gestión de la Calidad – Directrices para la Gestión de la Configuración (*Quality Management -Guidelines for Configuration Management*); e ISO/TR 10013:2001, Directrices para Documentación del Sistema de Calidad (*Guidelines for Quality Management System Documentation*).

El SGC con base en ISO 9000 es genérico por naturaleza y aplicable a todas las empresas, independientemente de su tipo y del tamaño del negocio, incluidas las PyMEs y a todas las categorías de productos, ya sean hardware, software, materiales procesados o servicios [OMC, 2001].

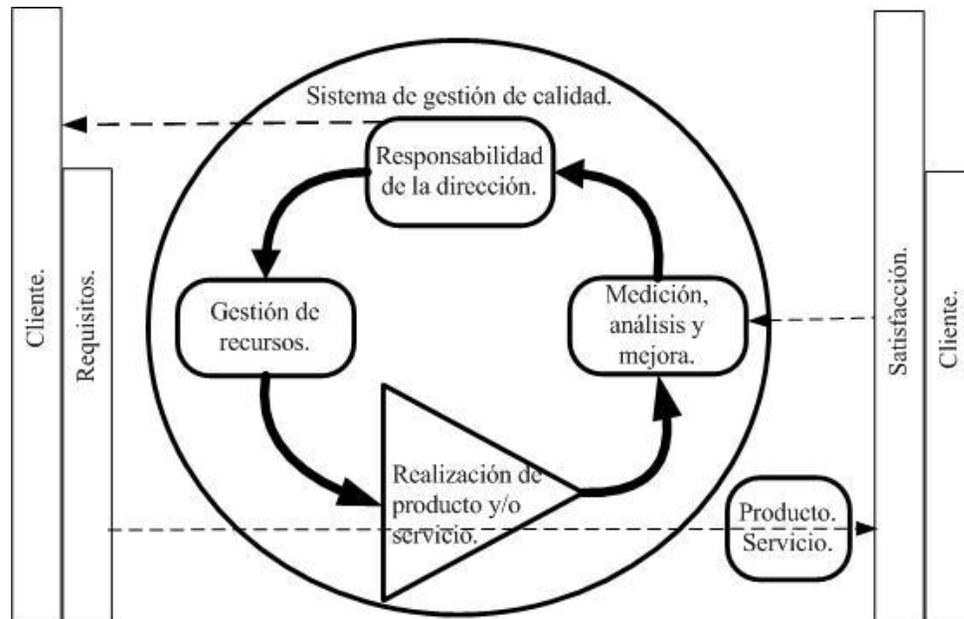
La ISO 9000 se basa en ocho principios de gestión [OMC, 2001]:

- Enfoque al cliente, que apunta al cumplimiento de los requisitos de los clientes y al esforzarse por excederlos.
- Liderazgo, que apunta a crear un ambiente interno en el cual las personas estén totalmente involucradas.
- Participación del personal, que es la esencia de una organización.
- Enfoque basado en procesos, que da como resultado la mejora de la eficiencia para obtener los resultados deseados.
- Enfoque de sistema para la gestión, que conduce a la mejora de la eficiencia y la eficacia por medio de la identificación, comprensión y gestión de procesos interrelacionados.
- Mejora continua, que se convierte en un objetivo permanente de la organización.

- Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones, basado en el análisis de datos e información.
- Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor, basado en la comprensión de su interdependencia.

Para el manejo de una organización la ISO 9000 estimula la adopción del enfoque basado en procesos. El modelo de procesos en la ISO 9000 considera cinco áreas principales (véase Figura 2.5) [OMC, 2001]:

- *Sistema de gestión de la calidad.* La gestión de calidad debe incluir los procesos requeridos para lograr calidad, y resaltar la interacción entre ellos.
- *Responsabilidad de la alta dirección.* La alta dirección debe asumir la responsabilidad por el liderazgo, compromiso y participación activa para desarrollar y mantener el sistema de calidad.
- *Gestión de recursos.* La alta dirección debería suministrar los recursos adecuados, de manera que los clientes obtengan lo que se acordó previamente.
- *Realización del producto.* Es necesario contar con procesos bien definidos, tanto operacionales como de soporte, para poder realizar el producto.
- *Medición, análisis y mejora.* La satisfacción de los clientes se debe medir y analizar de manera que la organización pueda mejorar continuamente.



**Figura 2.5.** Área del modelo de procesos de ISO 9001:2000

La norma ISO 9001:2000 tiene por objetivo apoyar a organizaciones de todo tipo y tamaño en la implementación y operación de sistemas eficaces de gestión de la calidad. Define los elementos necesarios para implantar un sistema para gestionar la calidad, sin importar la industria. Brinda un marco para la certificación por un organismo autorizado. La norma ISO 9001 establece requisitos de un SGC agrupados en las cinco áreas del modelo de proceso (véase Tabla 3) [ISO, 2000], [Methol, 2007]:

**Tabla 3.** Requisitos de la norma ISO 9001:2000 para un SGC.

<b>Área /Fases</b>	<b>Requisitos.</b>
<b>Sistema de gestión de la calidad.</b>	
<b>Requisitos generales.</b>	Establecer, documentar, implementar y mantener un sistema de gestión de la calidad y mejorar continuamente su eficacia de acuerdo con los requisitos de esta norma internacional.
<b>Requisitos de la documentación.</b>	
Generalidades.	En la documentación del SGC incluir declaraciones documentadas de una política y objetivos de la calidad, un manual de la calidad, los procedimientos documentados requeridos en esta norma internacional, los documentos necesitados por la organización para asegurarse de la eficaz planificación, operación y control de sus procesos, y los registros requeridos por esta norma internacional.
Manual de la calidad.	Establecer y mantener un manual de la calidad que incluya: el alcance del SGC, incluyendo los detalles y la justificación de cualquier exclusión, los procedimientos documentados establecidos para el SGC o referencia a los mismos, y una descripción de la interacción entre los procesos del SGC.
Control de los documentos.	Controlar los documentos requeridos por el SGC. Los registros son un tipo especial de documento.
Control de los registros.	Establecer y mantener los registros para proporcionar evidencia de la conformidad con los requisitos así como de la operación eficaz del SGC.
<b>Responsabilidad de la alta dirección</b>	
<b>Compromiso de la dirección.</b>	Proporcionar evidencia del compromiso de la alta dirección con el desarrollo e implementación del SGC, así como con la mejora continua de su eficacia.
<b>Enfoque al cliente.</b>	Asegurarse de que los requisitos del cliente se determinan y se cumplen con el propósito de aumentar la satisfacción del cliente.
<b>Política de la calidad.</b>	Asegurarse de la política de la calidad.
<b>Planificación.</b>	
Objetivos de la calidad.	Asegurarse de que los objetivos de la calidad, incluyendo aquéllos necesarios para cumplir los requisitos para el producto, se establecen en las funciones y niveles pertinentes dentro de la organización.
Planificación del SGC.	Asegurarse de que la planificación del SGC se realiza con el fin de cumplir los requisitos así como los objetivos de la calidad, y se mantiene la integridad del SGC cuando se planifican e implementan cambios en éste.
<b>Responsabilidad, autoridad y comunicación.</b>	
Responsabilidad y autoridad.	Asegurarse de que las responsabilidades y autoridades están definidas y son comunicadas dentro de la organización.
Representante de la dirección.	Designar un miembro de la dirección quien, con independencia de otras responsabilidades, debe tener autoridad.
Comunicación interna.	Asegurarse de que se establecen los procesos de comunicación apropiados dentro de la organización y de que la comunicación se efectúa considerando la eficacia del SGC.
<b>Revisión por la dirección.</b>	
Generalidades.	Revisar a intervalos planificados, el SGC de la organización para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continua.
Información para la revisión.	Incluir en la información de entrada para la revisión por la dirección: resultados de auditorías, retroalimentación del cliente, desempeño de los procesos y conformidad del producto, estado de las acciones correctivas y preventivas, acciones de seguimiento de revisiones por la dirección previas, cambios que podrían afectar al SGC y recomendaciones para la

<b>Área /Fases</b>	<b>Requisitos.</b>
Resultados de la revisión.	mejora.
	Incluir en los resultados de la revisión por la dirección todas las decisiones y acciones relacionadas con la mejora de la eficacia del SGC y sus procesos, la mejora del producto en relación con los requisitos del cliente, y las necesidades de recursos.
<b>Gestión de los recursos.</b>	
<b>Provisión de recursos.</b>	Determinar y proporcionar los recursos necesarios para implementar y mantener el SGC y mejorar continuamente su eficacia, y aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos.
<b>Gestión de los recursos.</b>	
<b>Recursos humanos.</b>	
Generalidades.	El personal que realice trabajos que afecten a la calidad del producto debe ser competente con base en la educación, formación, habilidades y experiencia apropiadas.
Competencia, toma de conciencia y formación.	Determinar la competencia necesaria para el personal que realiza trabajos que afectan a la calidad del producto, proporcionar formación o tomar otras acciones para satisfacer dichas necesidades, evaluar la eficacia de las acciones tomadas, asegurarse de que su personal es consciente de la pertinencia e importancia de sus actividades y de cómo contribuyen al logro de los objetivos de la calidad, y mantener los registros apropiados de la educación, formación, habilidades y experiencia.
<b>Infraestructura.</b>	Determinar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para lograr la conformidad con los requisitos del producto.
<b>Ambiente de trabajo.</b>	Determinar y gestionar el ambiente de trabajo necesario para lograr la conformidad con los requisitos del producto.
<b>Realización del producto.</b>	
<b>Planificación de la realización del producto.</b>	Planificar y desarrollar los procesos necesarios para la realización del producto.
<b>Procesos relacionados con el cliente.</b>	
Determinación de los requisitos relacionados con el producto.	Determinar los requisitos.
Revisión de los requisitos relacionados con el producto.	Revisar los requisitos relacionados con el producto.
Comunicación con el cliente.	Determinar e implementar disposiciones eficaces para la comunicación con los clientes.
<b>Diseño y desarrollo.</b>	
Planificación del diseño y desarrollo.	Planificar y controlar el diseño y desarrollo del producto.
Elementos de entrada para el diseño y desarrollo.	Determinar los elementos de entrada relacionados con los requisitos del producto y mantener registros.
Resultados del diseño y desarrollo.	Los resultados del diseño y desarrollo deben proporcionarse de tal manera que permitan la verificación respecto a los elementos de entrada para el diseño y desarrollo, y deben aprobarse antes de su liberación.
Revisión del diseño y desarrollo.	En las etapas adecuadas, deben realizarse revisiones sistemáticas del diseño y desarrollo de acuerdo con lo planificado.
Verificación del diseño y desarrollo.	Realizar la verificación, de acuerdo con lo planificado.
Validación del diseño y desarrollo.	Realizar la validación del diseño y desarrollo de acuerdo con lo planificado.
Control de los cambios del diseño y desarrollo.	Los cambios del diseño y desarrollo deben identificarse y deben mantenerse registros.

<b>Área /Fases</b>	<b>Requisitos.</b>
<b>Compras.</b>	
Proceso de compras.	Asegurarse de que el producto adquirido cumple los requisitos de compra especificados.
Información de las compras.	La información de las compras debe describir el producto a comprar.
Verificación de los productos comprados.	Establecer e implementar la inspección u otras actividades necesarias para asegurarse de que el producto comprado cumple los requisitos de compra especificados.
<b>Producción y prestación del servicio.</b>	
Control de la producción y de la prestación del servicio.	Planificar y llevar a cabo la producción y la prestación del servicio bajo condiciones controladas.
Validación de los procesos de la producción y de la prestación del servicio.	Validar aquellos procesos de producción y de prestación del servicio donde los productos resultantes no puedan verificarse mediante actividades de seguimiento o medición posteriores.
Identificación y trazabilidad.	Identificar el producto por medios adecuados, a través de toda la realización del producto.
Propiedad del cliente.	Cuidar los bienes que son propiedad del cliente mientras estén bajo el control de la organización o estén siendo utilizados por la misma.
Preservación del producto.	Preservar la conformidad del producto durante el proceso interno y la entrega al destino previsto.
<b>Control de los dispositivos de seguimiento y de medición.</b>	Determinar el seguimiento y la medición a realizar, y los dispositivos de medición y seguimiento necesarios para proporcionar la evidencia de la conformidad del producto con los requisitos determinados.
<b>Medición, análisis y mejora.</b>	
<b>Generalidades.</b>	Planificar e implementar los procesos de seguimiento, medición, análisis y mejora.
<b>Seguimiento y medición.</b>	
Satisfacción del cliente.	Realizar el seguimiento de la información relativa a la percepción del cliente con respecto al cumplimiento de sus requisitos por parte de la organización.
Auditoría interna.	Realizar a intervalos planificados auditorías internas.
Seguimiento y medición de los procesos.	Aplicar métodos apropiados para el seguimiento, y cuando sea aplicable, la medición de los procesos del SGC.
Seguimiento y medición del producto.	Medir y hacer un seguimiento de las características del producto para verificar que se cumplen los requisitos del mismo.
<b>Control del producto no conforme.</b>	Asegurarse de que el producto que no sea conforme con los requisitos, se identifique y controle para prevenir su uso o entrega no intencional. Los controles, las responsabilidades y autoridades relacionadas con el tratamiento del producto no conforme deben estar definidos en un procedimiento documentado.
<b>Análisis de datos.</b>	Determinar, recopilar y analizar los datos apropiados para demostrar la idoneidad y la eficacia del sistema de gestión de la calidad y para evaluar dónde puede realizarse la mejora continua de la eficacia del SGC.
<b>Mejora.</b>	
Mejora continua.	Mejorar continuamente la eficacia del SGC, mediante el uso de la política de la calidad, los objetivos de calidad, los resultados de las auditorías, el análisis de datos, las acciones correctivas y preventivas y la revisión por la dirección.
Acción correctiva.	Tomar acciones para eliminar la causa de no conformidades con objeto de prevenir que vuelva a ocurrir.
Acción preventiva.	Determinar acciones para eliminar las causas de no conformidades

Área /Fases	Requisitos.
	potenciales para prevenir su ocurrencia.

La norma ISO/IEC 90003:2004 fue desarrollada por el Subcomité 7, quien es responsable del desarrollo de estándares para la ingeniería de sistemas y de software. Este estándar cancela y reemplaza al obsoleto ISO/IEC 9000-3:1997. El estándar ISO 9000-3:1997 explica como debe ser aplicado ISO 9001:1994 al software. Similarmente el nuevo estándar ISO 90003:2004 explica como ISO 9001:2000 puede ser aplicado al software. No añade o cambia los requisitos de ISO 9001, sólo explica y describe cómo cubrir estos requisitos en el negocio de software. ISO IEC 90003 2004 es un estándar de gestión de calidad para productos software y servicios relacionados [URL-4].

En general, ISO/IEC 90003 está formado por dos tipos de cláusulas: requisitos y guías. Los requisitos son las cosas que se deben hacer si se desea certificarse. Los requisitos vienen directamente de ISO 9001 sin modificación, mientras las guías son únicas al estándar ISO/IEC 90003:2004. El estándar ISO/IEC 90003:2004 incluye todos los requisitos de ISO 9001 más un conjunto de guías que explican cómo pueden ser aplicadas al software de computadoras y a servicios relacionados [URL-4].

ISO/IEC 90003:2004 distingue entre dos tipos de guías: las recomendaciones y las sugerencias. Las recomendaciones son las cosas que se deben hacer para cubrir los requisitos de ISO 9001, mientras que las sugerencias son las cosas que se pueden hacer dentro de los límites fijados por el estándar ISO 9001 [URL-4].

ISO/IEC 90003 2004 puede ser usado para desarrollar un sistema de gestión de calidad ISO 9001:2000 con el cual puede solicitar un certificado de ISO 9001 (no un certificado de ISO 90003) [URL-4].

#### 2.2.4.1. Ventajas

- De ISO 9001:2000 se destaca positivamente su amplia aplicabilidad, en cualquier industria y entorno: hardware, software, materiales procesados y servicios. Afecta la mayoría de las áreas funcionales de una organización: gestión, recursos humanos, producción, ingeniería y calidad [Paulk, 1993], [De la Villa, 2004].
- De acuerdo con inspecciones y encuestas recientes en todo el mundo, el estándar ISO 9001 es el más popular en el mundo de la IS, seguido de CMM-SW e ISO/IEC 15504 [De la Villa, 2004].
- La norma ISO 9001 pone énfasis sobre procesos que son documentados y, practicados como fueron documentados. La premisa fundamental de ISO 9001 es que cada proceso importante debe ser documentado y cada entregable deber tener su calidad verificada a través de una actividad de control de calidad. ISO 9001 requiere la documentación que contiene instrucciones u orientación sobre qué deber hacerse o cómo debe hacerse. La ISO 9001:2000 especifica lo que se requiere que haga una organización, pero no indica cómo se debería hacer, con lo que otorga a la organización una gran flexibilidad para manejar su negocio. Da la libertad de implementación y de interpretación de los requisitos [OMC, 2001], [De la Villa, 2004], [Paulk, 1993].
- La norma ISO 9001 puede ayudar a una organización a institucionalizar la mejora continua de los procesos software [Armas, 2007], [Paulk, 2002].
- La parte fundamental de ISO 9001 cuenta con aproximadamente 12 páginas [Paulk, 2002].

- La norma ISO 9001 enfatiza la necesidad de registrar la información para el uso posterior en el proceso y para la mejora del proceso. Permite documentar si la calidad requerida es alcanzada o no y si el sistema de calidad funciona eficazmente o no [Paulk, 1993], [Paulk, 2002].
- Con la certificación ISO 9001, una organización tiene reconocimiento y apariencia internacional. En cuanto se obtiene un certificado, el desafío es mantenerlo. El certificado se otorga inicialmente por un período de tres años, durante este tiempo, el organismo de certificación realiza auditorías periódicas de seguimiento (una o dos veces al año) [OMC, 2001], [De la Villa, 2004].
- La implementación de un sistema de gestión de calidad genera beneficios internos: incremento de la productividad, reducción de costos y mejora continua del sistema de gestión de la calidad [OMC, 2001], [De la Villa, 2004].

#### **2.2.4.2. Desventajas**

- Se requiere de otro estándar: ISO 9000-3 como guía para interpretar ISO 9001 para software [De la Villa, 2004].
- ISO 9001 dirige los criterios mínimos para un sistema de calidad aceptable. Simplemente aborda el control del incumplimiento de un producto y recomienda acciones preventivas y correctivas [Paulk, 1993].
- Una certificación ISO 9001 indica poco sobre la capacidad de desarrollo de software. La certificación quiere decir solamente que algunas prácticas básicas están en su lugar. Otros modelos contienen niveles de capacidad. Las declaraciones de ISO no son tan detalladas como en CMMI [Mutafelija, 2003].
- La certificación ISO es utilizada generalmente para conseguir contratos, a diferencia de otros modelos que buscan la mejora de sus procesos. Aunque es importante mencionar que la norma ISO 9001 también puede ayudar a las organizaciones a mejorar su proceso software [Paulk, 2002].
- La norma ISO 9001:2000 es un estándar que dice que hacer pero no cómo hacerlo. Describe lo que un proceso debe dirigir en lugar de cómo un proceso debe ser implementado [Paulk, 2002], [Mutafelija, 2003].
- ISO requiere que las organizaciones establezcan SGC pero no requiere explícitamente su institucionalización (desarrollar una infraestructura de proceso fuerte es dejado a la organización) [Mutafelija, 2003].
- A pesar de estar ISO 9004:2000 dedicado a la mejora del proceso, sigue la estructura de ISO 9001 y apunta alguna explicación de lo que se espera, pero se queda corto en entregar un mapa para implementar el proceso de mejora. Cuando se lee ISO 9004, uno no sabe que áreas dirigir primero y cuáles después. ISO 9004:2000 proporciona una guía de muy alto nivel para la mejora de proceso [De la Villa, 2004], [Mutafelija, 2003].

- La implementación de las normas ISO es costosa<sup>6</sup>. Los factores que determinan los costos de implementación de las normas ISO, son por ejemplo el tamaño de la organización, el número de sus instalaciones, el número de empleados, etc. [OMC, 2001].
- Muchos autores coinciden en que los estándares del ISO y modelos del SEI difícilmente pueden ser aplicados a empresas pequeñas debido a que un proyecto de mejora supone gran inversión en dinero, tiempo y recursos. Sin embargo las PyMEs desarrolladoras de software adaptan y utilizan estos estándares para emprender sus esfuerzos de mejora [Pino, 2006], [De la Villa, 2004].

### 2.3. Comparativa empírica de los modelos de referencia del proceso.

A continuación se describen los criterios que a consideración del autor son relevantes para la comparación de los modelos de procesos. Estos criterios están basados en una extensa revisión de la literatura relacionada con los modelos de referencia de procesos, estudios comparativos existentes y documentos de mapeo entre modelos. La información se obtuvo de la revisión de modelos de referencia de procesos, comparativas existentes de modelos y documentos de mapeos entre modelos (véase Tabla 4).

- **Ámbito de aplicación**

*Descripción:* Es un criterio que permite delimitar el uso de un modelo de referencia de procesos, es decir si su aplicación es generalizada o solo aplicable a un contexto particular como el desarrollo software; si está diseñado para grandes o pequeñas organizaciones; si es una norma o puede ser adaptado.

*Justificación:* Dado que la propuesta de investigación de esta tesis está enfocada a PyMEs desarrolladoras de software es importante determinar el ámbito de aplicación de los modelos de referencia de procesos revisados.

- **Enfocado a la mejora del proceso software**

*Descripción:* Este criterio permite determinar hacia donde está orientado un modelo de referencia de procesos, por ejemplo: a la certificación, a obtener un nivel de madurez o a mejorar el proceso software.

*Justificación:* La propuesta de esta tesis está dirigida a generar planes de acción a partir de resultados de evaluaciones del proceso software, razón por la cual es importante señalar si los modelos de referencia de procesos revisados están dirigidos a la mejora de este proceso.

- **Validación del modelo**

*Descripción:* Este criterio permite determinar si ha sido documentada la aplicabilidad de un modelo de referencia de procesos, es decir si existen casos de estudio con sus respectivos resultados publicados.

*Justificación:* Los planes de acción se generarán con base a un modelo de referencia de procesos de amplia aceptabilidad a nivel internacional, por lo que es importante determinar si existen casos de éxito de los modelos de referencia de procesos revisados.

---

<sup>6</sup> Se refiere a una inversión del orden de los millones de pesos.

- **Facilidad de comprensión**

*Descripción:* Este criterio permite determinar la amplitud de un modelo de referencia de procesos, es decir que tan extensa es la descripción para el modelo.

*Justificación:* Debido a que la propuesta de esta tesis está dirigida a PyMEs, es importante valorar la extensión de cada uno de los documentos que describen los modelos de referencia de procesos, ya que una organización grande no opera de la misma forma que una pequeña.

- **Adaptable a PyMEs**

*Descripción:* Este criterio permite determinar si un modelo de referencia de procesos ha sido desarrollado tomando en cuenta para su aplicabilidad características como: el tamaño de la organización, recursos necesarios para su implementación, el costo de los documentos que lo describen, y la cantidad de documentación que generan los modelos.

*Justificación:* Debido a que la propuesta de la tesis está dirigida a PyMEs y que una limitante de ellas son los recursos financieros, es importante definir si los modelos de referencia de procesos revisados son factibles de implementar por este tipo de empresas.

- **Existencia de herramientas basadas en el modelo**

*Descripción:* Este criterio permite determinar si existen herramientas basadas en un modelo de referencia de procesos en particular.

*Justificación:* Es importante determinar la existencia de herramientas basadas en los modelos de referencia de procesos revisados, ya que la propuesta de esta tesis considera el diseño de una herramienta que permita evaluar procesos software y generar planes de acción.

**Tabla 4.** Comparativo de los modelos de referencia del proceso.

Criterio	CMM	CMMI	Moprosoft	ISO 9001.
Ámbito de aplicación.	Software, adaptable a PyMEs y es un modelo internacional.	Software, adaptable a PyMEs y es un modelo internacional.	Software, para PyMEs y es parte de una norma nacional.	Genérico, adaptable a PyMEs y es una norma internacional.
Enfocado a la mejora del proceso software.	A través de 5 niveles de madurez	A través de 5 niveles de madurez o de 6 niveles de capacidad.	De acuerdo a los objetivos del plan estratégico de la organización.	A través de la implementación de un sistema de gestión de calidad simple con criterios de cumplimiento (si/no).
Validación del modelo.	Numerosos casos de éxito publicados en la página del SEI.	Numerosos casos de éxito publicados en la página del SEI	Sólo 11 dictámenes publicados al mes de diciembre de 2007 en la página de la NYCE <sup>7</sup> .	Extenso número de certificados publicado a través de la página de la ISO.
Facilidad de comprensión.	Más de 200 páginas.	Más de 500 páginas.	Más de 100 páginas.	12 páginas la parte fundamental.
Adaptable a	La implementación es	La	La	La implementación es

<sup>7</sup> NYCE (Normalización y Certificación Electrónica). Asociación civil que se encarga de verificar si una organización cumple con los requisitos de alguna de las normas a su cargo [URL-8].

Criterio	CMM	CMMI	Moprosoft	ISO 9001.
PyMEs.	costosa, el documento del modelo es gratuito	implementación es costosa, el documento del modelo es gratuito	implementación es costosa, el documento de la norma tiene costo.	costosa, el documento de la norma tiene costo
Existencia de herramientas basadas en el modelo.	Si (CMM Quest), tiene costo y no genera planes de mejora.	Si (Appraisal Wizard 7) dirigida a organizaciones con experiencia en modelos de referencia de procesos. IME ToolKit. MISIME(CMMI-DEV-v1.2), es una herramienta libre pero con limitantes y no genera planes de mejora.	No identificadas.	<a href="http://www.navactiva.com/">http://www.navactiva.com/</a> Cuestionario para evaluar el nivel de cumplimiento con ISO 9001:2000

Como se puede apreciar de la tabla anterior, existen modelos de referencia del proceso que pueden ser aplicables directamente a la industria software y algunos de ellos se enfocan a la mejora del proceso interno a través de niveles. Estos modelos cuentan con varios estudios que validan su exitosa implementación, sin embargo, en su mayoría, los manuales son demasiado extensos que carecen de simplificaciones comprobables para su adaptación a las PyMEs. La implementación de estos modelos sigue siendo costosa para las PyMEs ya que se requiere de personal capacitado para llevar a cabo la evaluación y mejora de los procesos. Además, actualmente se carecen de instrumentos que permitan valorar de manera interna los procesos de la empresa antes de iniciar una evaluación formal, y las herramientas que existen requieren de experiencia para su uso y no generan planes de acción automáticamente.

## 2.4. Modelos para la evaluación del proceso.

Para llevar los proyectos a buen término no basta con aplicar una buena IS. Hay que hacerlo racionalmente, sin despilfarrar recursos y utilizando en cada momento las técnicas más adecuadas. Una forma de saber si la gestión de los procesos se está llevando en forma adecuada es a través de la evaluación [López, 2004].

La evaluación de procesos permite a las empresas desarrolladoras de software, conocer la forma en que sus procesos actuales les ayudan a alcanzar sus metas [Loon, 2004].

Hasta el momento, se han desarrollado diferentes modelos para evaluar y valorar la capacidad de los procesos software [De la Villa, 2004]. Estos modelos son marcos de trabajo que permiten valorar la capacidad de los procesos de una organización, identificando las fortalezas y debilidades en cada uno de ellos. Algunos ejemplos de estos modelos son: la normas ISO/IEC 15504 [SPICE, 2007], el CBA-IPI [Dunaway, 1996], el SCAMPI [SCAMPI, 2006] y EvalProSoft [Oktaba, 2005], los cuales se describen a continuación.

#### 2.4.1. ISO/IEC 15504 (SPICE, Software Process Improvement and Capability dEtermination)

La ISO en conjunto con la IEC crean el estándar ISO/IEC 15504. En Junio de 1991, el Subcomité de Estandarización de Ingeniería de Software y Sistemas de ISO/IEC (ISO/IEC JTC1/SC7) aprobó un estudio para investigar la necesidad y los requisitos para establecer un estándar de evaluación del proceso software. En Junio de 1992 este comité llegó a la conclusión de que había un consenso internacional para el establecimiento de este estándar [SPICE, 2007].

En Enero de 1993 ISO/IEC JTC1 aprobó un programa de trabajo para desarrollar este estándar. En Junio de 1993 se estableció una organización para el proyecto SPICE (*Software Process Improvement and Capability dEtermination*) con el mandato de JTC1/SC7 para:

- Desarrollar un borrador de un estándar para evaluar procesos software.
- Empezar y conducir las pruebas de la evolución del estándar desde su etapa como borrador hasta la publicación como estándar internacional.
- Promover mundialmente la transferencia de tecnología de evaluación del proceso software en la industria de software.

En Junio de 1995 es entregada la versión 1.0 del borrador del estándar al WG10 (grupo de trabajo de evaluación de procesos del ISO/IEC) para su votación entre la comunidad de estándares. Las pruebas de usuario de SPICE comenzaron en Enero de 1995, sincronizadas por etapas para permitir la retroalimentación a las etapas del trabajo técnico. En Julio de 1995 inicia el proceso de estandarización internacional de SPICE y en 1998 es publicado como reporte técnico tipo 2 ISO/IEC TR 15504:<sup>8</sup> 1998. A partir de este año, el reporte técnico es revisado con el objetivo de su publicación final como estándar internacional completo. El proceso de desarrollo y validación empírica del proyecto inició en 1993 y terminó en Marzo de 2003 con el cierre del proyecto SPICE [De la Villa, 2004], [Loon, 2004].

El ISO/IEC TR 15504 proporciona un marco para la evaluación de procesos software que puede ser usado por cualquier organización, involucra la planeación, gestión, supervisión, control y mejora de la adquisición, suministro, desarrollo, operación, evolución y soporte del proceso software. El estándar proporciona un enfoque estructurado para la evaluación de procesos software que permite comprender el estado de sus propios procesos para la mejora o para determinar la capacidad de ellos o de otros procesos dentro de un contrato particular de productos software. El marco es apropiado para organizaciones de cualquier tamaño, además fomenta la autoevaluación y produce un conjunto de clasificaciones de proceso.

Durante una evaluación con ISO/IEC TR 15504, los asesores necesitan recolectar evidencias objetivas para soportar el alcance y propósito de la evaluación. Los asesores necesitan recolectar datos para cada proceso evaluado. Estos datos pueden ser recolectados a través de una variedad de formas: entrevistas, cuestionarios y revisión de documentos. La primera versión ISO/IEC TR 15504 estructuraba el modelo en nueve partes: [SPICE, 2007].

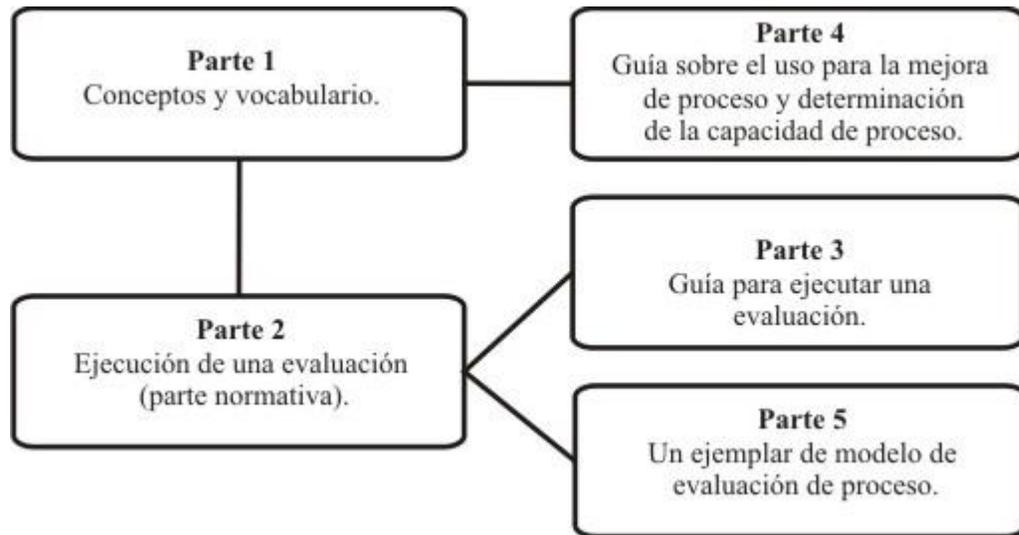
- Parte 1. Conceptos y guía de introducción.
- Parte 2. Modelo para la gestión del proceso.
- Parte 3. Clasificación de los procesos.

---

<sup>8</sup> Las directivas de ISO/IEC establecen que un reporte técnico tipo 2 puede ser usado para publicar un posible estándar para su aplicación provisional con el propósito de que la información y la experiencia de su uso práctico pueden conjuntarse [SPICE, 2007].

- Parte 4. Guía para conducir una evaluación.
- Parte 5. Construcción, selección y uso de instrumentos y herramientas de evaluación.
- Parte 6. Requisitos y entrenamiento de evaluadores.
- Parte 7. Guía para el uso en la mejora de proceso.
- Parte 8. Guía para el uso en determinar la capacidad del proceso del proveedor.
- Parte 9. Vocabulario.

Con el paso del tiempo, este estándar se ha reducido a cinco partes (véase Figura 2.6).



**Figura 2.6.** Componentes del estándar ISO/IEC 15504

La parte 2 del estándar ISO/IEC 15504 define un marco de medición para la evaluación de la capacidad del proceso software. Este marco proporciona un mecanismo para evaluar la capacidad de un proceso implementado con respecto al modelo de evaluación de procesos. La dimensión de capacidad del ISO/IEC 15504 consiste de 6 niveles definidos en una escala ordinal, que permite que la capacidad de un proceso sea evaluada y expresada sobre una escala de Incompleto a Optimizado (véase Tabla 5). El Nivel 0 o Incompleto, significa que el propósito básico del proceso no es alcanzado, mientras que un nivel de capacidad optimizado significa que el proceso cubre las metas de negocio actuales y proyectadas. La escala por lo tanto representa el incremento en la capacidad del proceso implementado. Así también define una posible ruta para la mejora de cada proceso.

**Tabla 5.** Niveles de capacidad de ISO/IEC 15504.

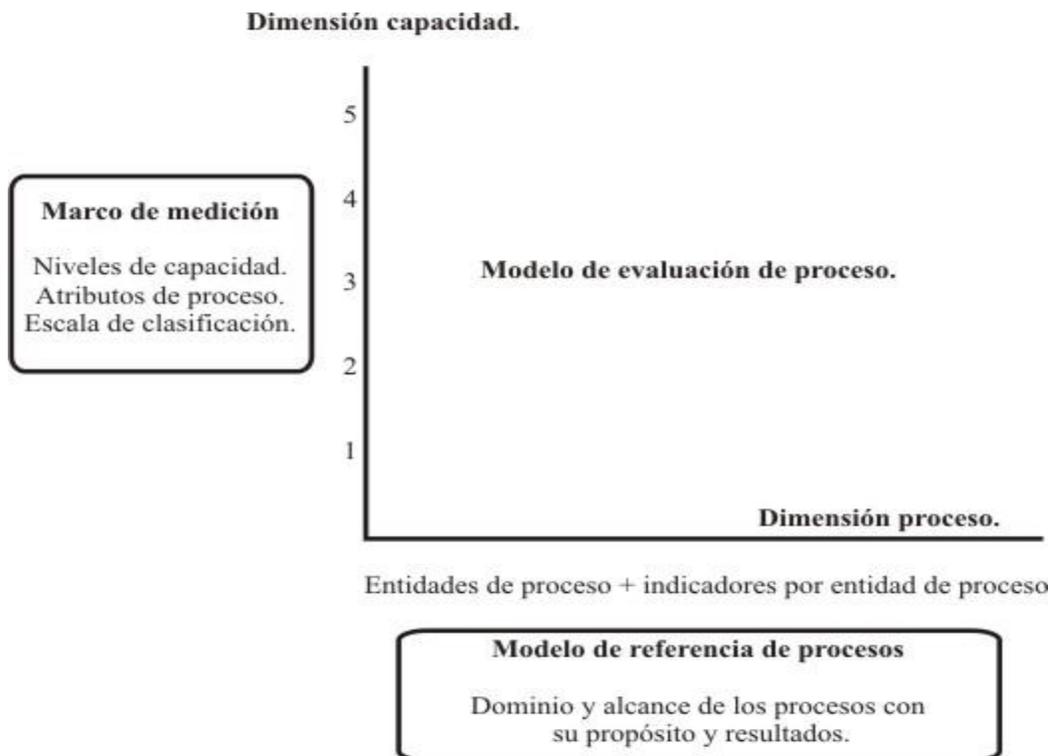
Escala	Nivel de capacidad	Descripción
0	Incompleto	El proceso no es implementado o falla en alcanzar su propósito.
1	Ejecutado	El proceso implementado alcanza su propósito de proceso.
2	Gestionado	El proceso es implementado de una forma gestionada.
3	Establecido	El proceso es implementado usando un proceso definido que se ha basado en un proceso estándar y que es capaz de alcanzar sus resultados de proceso.
4	Predecible	El proceso opera dentro de límites definidos para alcanzar sus resultados.
5	Optimizado	El proceso es continuamente mejorado para cubrir las metas de negocio actuales y proyectadas.

Además de una escala ordinal para medir la capacidad del proceso, existe una escala para clasificar el logro de los atributos de proceso (véase Tabla 6). El evaluador determinará el nivel de capacidad de un proceso en base a las clasificaciones de sus atributos. Para que un proceso pueda ser clasificado en un nivel de capacidad específico, éste debe cumplir completamente o en gran parte con las características propias del nivel alcanzado, y sobre todo haber satisfecho completamente los niveles de capacidad más bajos.

**Tabla 6.** Escala de clasificación del atributo de proceso de ISO/IEC 15504.

Nivel de logro del atributo de proceso	Valores correspondientes
No alcanzado	0 a 15 %
Parcialmente alcanzado	16 a 50%
En gran parte alcanzado	51 a 85%
Completamente alcanzado	86 a 100%

De manera similar, es necesario contar con un modelo de evaluación de procesos para el repertorio de evidencia que permita realizar una clasificación de la capacidad de los procesos. Un modelo de evaluación de procesos deberá contener una definición de su propósito, alcance, elementos e indicadores de acuerdo con el marco de medición, con el modelo de referencia de procesos y un mecanismo para la expresión de resultados, con el objetivo de asegurar la consistencia y la característica de repetir las evaluaciones. Un modelo de evaluación debe documentar un conjunto de indicadores de rendimiento y capacidad del proceso que permita que los criterios de capacidad sean completamente establecidos en base a evidencia objetiva. Estos indicadores caen dentro de dos categorías relacionadas con las dos dimensiones del modelo (véase Figura 2.7):



**Figura 2.7.** Relación del modelo de evaluación del proceso, modelo de referencia del proceso y el nivel de capacidad

- Factores que indican el rendimiento del proceso, generalmente productos de entrada, productos de salida y prácticas base.
- Factores que indican su capacidad, que proporcionan la cobertura para medir la capacidad de los atributos del proceso. En la versión borrador del ISO/IEC 15504-5 estos atributos son llamados Indicadores por práctica genérica (GPI, por sus siglas en inglés), Indicadores por recurso genérico (GRI, por sus siglas en inglés), Indicadores por producto de trabajo genérico (GWI, por sus siglas en inglés), e Indicadores por proceso relacionado (RPI, por sus siglas en inglés).

Para obtener una referencia más detallada de la ISO IEC 15504 consultar [Loon, 2004].

#### **2.4.1.1. Ventajas**

- Las evaluaciones ISO/IEC 15504 son posibles para la organización entera, para un solo proyecto, para una unidad organizativa o incluso para un solo proceso [Loon, 2004].
- El mecanismo para determinar niveles de capacidad usa un método basado en matemáticas simples y en el juicio de los asesores [Loon, 2004].
- El método de evaluación ISO/IEC 15504 puede ser usado con múltiples modelos de referencia de procesos [Loon, 2004].
- El estándar ISO/IEC 15504 es el método de valoración más utilizado en las PyMES de desarrollo de software, ya que es flexible y puede ser adaptado a las necesidades de la organización. Cabe destacar el considerable número de estudios de evaluación empírica existentes, que permiten revisar las conclusiones más significativas en cuanto a validez predictiva, veracidad de la capacidad, demostración de la capacidad para la identificación de fortalezas, debilidades y riesgos, así como dirigir y priorizar el proceso de mejora [De la Villa, 2004], [Pino, 2006], [Loon, 2004].
- El resultado de una evaluación de proceso con ISO/IEC 15504 puede ser representado por un perfil de proceso en una gráfica de 2 dimensiones [De la Villa, 2004].

#### **2.4.1.2. Desventajas**

- ISO/IEC 15504 ha sido un proyecto de maduración lenta [De la Villa, 2004].
- La dimensión capacidad ha alcanzado un alto grado de dificultad y existen solapamientos con la dimensión de procesos [De la Villa, 2004].
- La complejidad de las evaluaciones (y por consiguiente el costo) es significativamente más alta que en otros modelos [De la Villa, 2004].

#### **2.4.2. CBA-IPI (CMM-Based Appraisal for Internal Process Improvement)**

El método de evaluación para la mejora de proceso interno basado en CMM (CBA\_IPI, por sus siglas en inglés) fue desarrollado por el SEI en 1994. En 1995, el SEI desarrolló y liberó el CBA IPI V1.0. En ese mismo año publica el marco de trabajo de evaluación CMM (CAF, por sus siglas en inglés). El CAF identifica los requisitos y las características deseadas de un método de evaluación basado en CMM. El método CBA IPI V1.1 fue actualizado y entregado en 1996. CBA IPI cumple con CAF [Dunaway, 1996].

El método CBA IPI es una herramienta de diagnóstico que soporta, permite y apoya el compromiso de una organización para mejorar sus procesos. El método ayuda a una organización a identificar las fortalezas y debilidades de los procesos actuales relacionados con CMM-SW v1.1. El método permite la valoración de la capacidad del proceso software por un grupo entrenado de profesionales. Las conclusiones son generadas de los datos coleccionados de cuestionarios, revisión de documentos, presentaciones, y las entrevistas a profundidad con directivos intermedios, líderes de proyecto, y profesionales de software [Dunaway, 1996].

El método está basado en los siguientes principios de valoración:

- Usa CMM V1.1. como modelo de referencia de proceso.
- Usa un proceso de valoración formalizado que cumple con el marco de evaluación de CMM.
- Involucra a la alta dirección como patrocinador de la valoración.
- Basa la valoración en las metas y necesidades de negocio (por ejemplo, reducir costos, mejorar la calidad o reducir el tiempo de desarrollo).
- Observa estricta confidencialidad para garantizar que no hay información atribuida a una persona o proyecto.
- Enfoca la valoración como una colaboración entre el equipo de valoración y los participantes de la organización.

El método CBA IPI consiste de 3 fases que se detallan a continuación.

*Fase 1. Planear y prepararse para la valoración.* La primera fase incluye las actividades necesarias para desarrollar el plan de valoración a ejecutarse en la organización (véase Figura 2.8).

*Fase 2. Conducir la valoración.* La segunda fase consiste de las actividades en el sitio para conducir la valoración, incluyendo técnicas para reunir, organizar y consolidar datos (véase Figura 2.9).

Las clasificaciones están siempre establecidas sobre la base del consenso del equipo de valoración entero. Para cada meta, el equipo revisa todos los defectos que se relacionan con esa meta y pregunta: "¿Hay un defecto lo suficiente importante para tener un impacto negativo sobre la meta?". Si es así, la meta es evaluada como insatisfecha. Si el equipo decide que no hay ningún defecto importante, es evaluada satisfecha. Para que una KPA sea evaluada satisfecha, todas las metas para el KPA deben ser evaluadas satisfechas. Una KPA puede ser clasificada satisfecha, insatisfecha, no aplicable, o no evaluada.

La asignación de una clasificación de nivel de madurez es opcional. Para que una clasificación de nivel de madurez particular sea alcanzada, todas las KPAs dentro del nivel de madurez y debajo de éste, en particular deben ser satisfechas. Por ejemplo, para una organización a ser clasificada en nivel 3 de madurez, todas las KPAs en nivel 3 y 2 deben haber sido investigadas durante la valoración, y deben haber sido evaluadas satisfechas por el equipo de valoración. La presentación de las conclusiones finales es desarrollada por el equipo para presentar los puntos fuertes y débiles al patrocinador y a la organización para cada KPA dentro del alcance de valoración, las clasificaciones de cada KPA, y la clasificación de nivel de madurez si lo desea el patrocinador.

*Fase 3. Informar resultados.* La fase final es informar los resultados. El líder del equipo, o presentador designado, presenta los resultados de valoración al patrocinador. Durante la presentación de las conclusiones finales, el presentador debe asegurar que la organización comprende los asuntos que fueron descubiertos durante la valoración y los problemas de procesos

software que enfrentan. Las fortalezas organizativas son presentadas para validar qué está haciendo bien la organización. Los puntos fuertes y débiles son presentados para cada área clave de proceso dentro del alcance de la valoración así como cualquier otro asunto que afecte el proceso. Un perfil de KPA es presentado indicando las clasificaciones de KPA individuales.

Para obtener una referencia más detallada de CBA-IPi consultar [Dunaway, 1996].

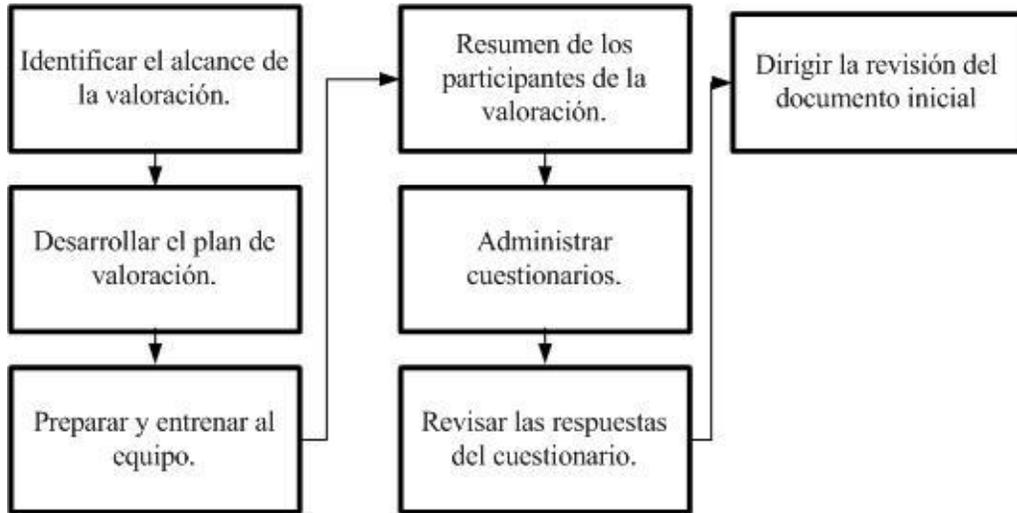


Figura 2.8. Actividades de preparación del método CBA IPI

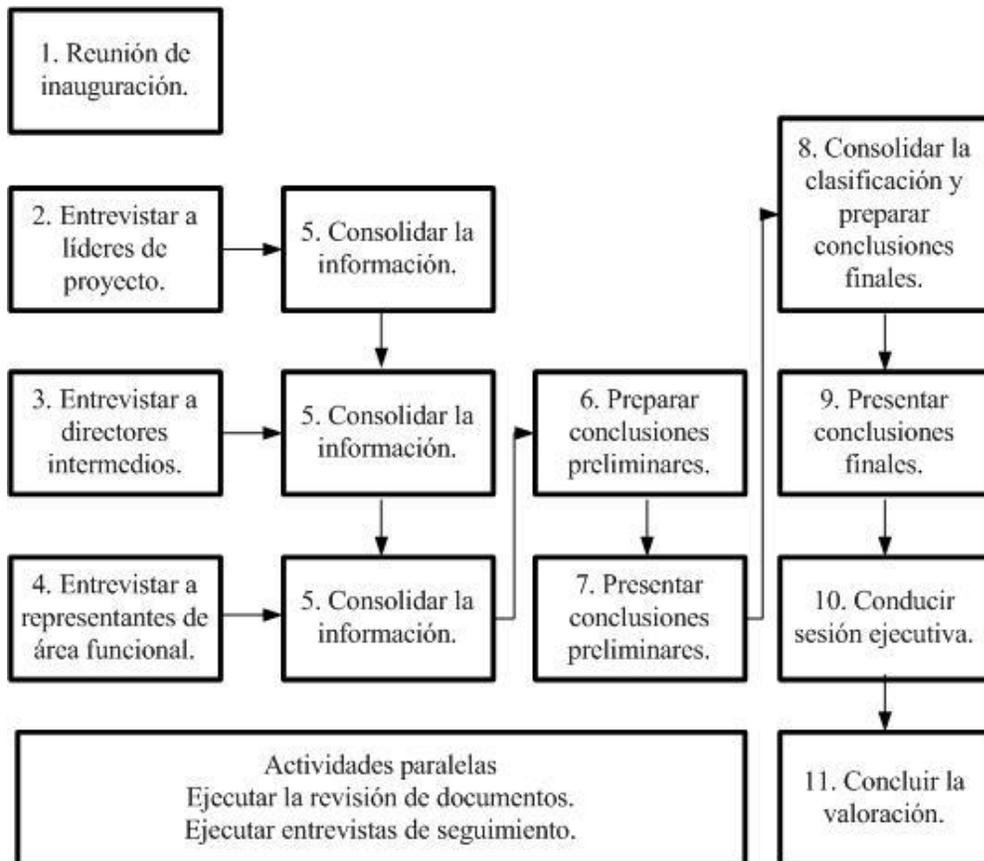


Figura 2.9. Actividades en el sitio de la valoración

### 2.4.2.1. Ventajas

- Método mejorado a través de la retroalimentación de los usuarios (evaluadores calificados y autorizados, patrocinadores y miembros de equipos de valoración).
- Los datos de las valoraciones son recolectados por el SEI y las actualizaciones sobre el perfil de madurez de proceso de la comunidad de software son divulgadas dos veces al año.
- El método CBA-IPI permite a las organizaciones realizar valoraciones menos intensivas como las de clase C o micro-evaluaciones.
- El método CBA-IPI está ligado al modelo de procesos CMM.

### 2.4.2.2. Desventajas

- Como requisito para que una valoración sea considerada CBA-IPI, debe ser dirigida por un evaluador autorizado a través del programa de evaluador del SEI.
- Como requisito, se requiere un equipo de valoración mínimo de 4 personas, el cual debe ser entrenado en CMM y CBA-IPI.
- Una valoración CBA-IPI no tiene período de vigencia.
- Una valoración CBA-IPI consume mucho tiempo, puede llevarse hasta dos años, desde la planeación hasta la implementación del plan de acción.

### 2.4.3. SCAMPI (Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement)

Es un método de evaluación estándar del CMMI para la mejora de los procesos de clase A (SCAMPI A, por sus siglas en inglés), diseñado por el SEI con apoyo del gobierno de los Estados Unidos y organizaciones de la industria. El SCAMPI v1.1 fue liberado por el SEI para reemplazar al CBA-IPI en el año 2001. La versión 1.2 del SCAMPI es liberada en el año 2006 [SCAMPI, 2006].

El SCAMPI A satisface los requisitos de evaluación para el CMMI (CMMI ARC v1.2). Está basado en varios métodos de evaluación, entre ellos:

- CBA IPI V1.1.
- Electronic Industries Alliance/Interim Standard (EIA/IS) 731.2 Appraisal Method.
- Software Capability Evaluation (SCESM) V3.0 Method Description.
- Software Development Capability Evaluation (SDCE).
- FAA Appraisal Method (FAM).

Este método es usado para identificar fortalezas, debilidades y clasificaciones relacionadas con los modelos de referencia de evaluación del CMMI. El método SCAMPI A tiene los siguientes objetivos principales:

- Proporciona un método de evaluación integrado capaz de soportar evaluaciones en el contexto de la mejora de los procesos internos, selección del proveedor y supervisión de procesos.
- Proporciona un método de evaluación eficiente capaz de ser implementado dentro de restricciones de rendimiento razonables.

Como un método de clase A, el SCAMPI A puede ser usado para generar clasificaciones que sirvan como puntos de referencia para comparar niveles de madurez o niveles de capacidad entre organizaciones. El SCAMPI A es un método de evaluación integrado que puede ser aplicado en los contextos de la mejora del proceso interno, de la selección del proveedor, o de la supervisión del proceso. Como un método de *benchmarking*<sup>9</sup>, el SCAMPI A hace énfasis en conseguir una alta exactitud y confiabilidad en los resultados de la evaluación a través de la recopilación de evidencias objetivas de múltiples fuentes. El SCAMPI A, tiene una premisa fundamental: que la satisfacción de las metas puede ser determinada solamente mediante la investigación detallada de la extensión en que cada práctica es implementada para cada una de las instancias usadas como base para la evaluación (por ejemplo cada proyecto). Para hacer juicios razonables respecto a los procesos implementados de una organización en comparación con el modelo de referencia de evaluación, los equipos de evaluación deben basar sus juicios en la recolección de evidencias objetivas para cada práctica específica y genérica aplicable a las metas de cada área de proceso, siempre dentro del alcance de la evaluación. Los equipos de evaluación comparan las evidencias objetivas recolectadas con las prácticas correspondientes en el modelo de referencia de evaluación. Para hacer las inferencias sobre la extensión en la que las prácticas son implementadas o no, los equipos de evaluación recurren al documento completo del modelo para comprender el propósito del modelo y de esta forma usarlo como base para sus decisiones.

El método SCAMPI A proporciona los siguientes tipos de evidencia objetiva para la recolección y el análisis de datos:

- *Documentos*. Información escrita relativa a la implementación de una o más prácticas de modelo.
- *Entrevistas*. Es la interacción oral con aquellos que implementan o usan los procesos dentro de la unidad organizativa. Las entrevistas son típicamente aplicadas a varios grupos o personas, como líderes de proyecto, directores, y profesionales.

Aquellas organizaciones para las cuáles la generación de las clasificaciones para *benchmarking* no es requerida, y la aplicación principal de la evaluación es la identificación de las fortalezas y debilidades para la mejora del proceso, pueden considerar enfoques de evaluación alternativos ya que sus necesidades pueden ser satisfechas por métodos de clase B o clase C menos demandantes, como el SCAMPI B o C. El éxito en la aplicación del SCAMPI depende de ajustar los parámetros a las necesidades, a los objetivos y limitaciones de la organización patrocinadora, ya que los objetivos del patrocinador influyen en las decisiones de adaptación. El alcance del modelo y la representación (continua o por etapas), el tamaño de la unidad organizativa, el número y tamaño de proyectos muestra, el tamaño del equipo de evaluación y el número de entrevistas, son aspectos que influyen en circunstancias tales como el tiempo de preparación, el tiempo en el lugar, costos, etc. Todas las decisiones de adaptación deben ser documentadas en el plan de evaluación, ya que la adaptación no debe sobrepasar los límites aceptables admitidos por el método de evaluación. El líder del equipo de evaluación es responsable de asegurar que los requisitos del método son satisfechos.

El SCAMPI A consiste de tres fases y varios procesos esenciales que se describen a continuación:

*Fase 1. Planear y prepararse para evaluar procesos.* En esta fase los objetivos del patrocinador de la evaluación son determinados. Debido a la importancia de la inversión y la planificación logística involucrada, en esta fase debe esperarse una iteración considerable y el

---

<sup>9</sup> El *benchmarking* es un proceso sistemático para comparar la eficiencia entre organizaciones [SCAMPI, 2006].

refinamiento de las actividades de planificación. De la misma forma, se define y acuerda el alcance de la organización a ser evaluada, así como el alcance del modelo CMMI (áreas de proceso) ya que éste sirve de base sobre la cual se estiman los compromisos de tiempo y costos en conjunto.

*Fase 2. Conducir la evaluación de procesos.* En esta fase el equipo de evaluación se enfoca a la recolección de datos de la organización evaluada para juzgar la extensión del modelo implementado. Al determinar que la cobertura del modelo de CMMI y la unidad organizativa son suficientes, las conclusiones de la evaluación y las clasificaciones pueden ser generadas. Las clasificaciones por meta son determinadas dentro de cada área de proceso, y pueden ser usadas para determinar una clasificación del nivel de capacidad para las áreas individuales del proceso así como para determinar una clasificación de madurez del proceso para la unidad organizativa.

- **Indicadores de implementación de práctica.** La idea fundamental de los indicadores de implementación de la práctica (PIIs, por sus siglas en inglés) es que la gestión de una actividad o la implementación de una práctica resultan en evidencias que suministran una base para la verificación de la actividad o la práctica. En el SCAMPI A, los PIIs son la consecuencia necesaria o incidental de implementar las prácticas del modelo de referencia. Estos indicadores son evidencias objetivas que pueden ser usadas para verificar y probar la implementación de las prácticas del modelo. SCAMPI A caracteriza los PIIs de acuerdo a los tipos de indicador descritos en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Niveles de capacidad de ISO/IEC 15504.

Tipo de indicador	Descripción	Ejemplos
Elementos directos	Son los productos tangibles que resultan directamente de la implementación de una práctica genérica o específica.	Productos de trabajo listados en las prácticas del modelo de referencia. Productos específicos de una práctica específica. Documentos, productos entregables, materiales de entrenamiento, etc.
Elementos indirectos	Elementos que son consecuencia de ejecutar una práctica específica o genérica o que prueban su implementación, pero que no son el propósito para el que la práctica debe ser ejecutada.	Productos de trabajo listados en prácticas del modelo de referencia. Reuniones, revisión de resultados, reportes de estado, presentaciones, medidas de rendimiento.
Afirmaciones	Declaraciones orales o escritas que confirman o respaldan la implementación (o la falta de implementación) de una práctica específica o genérica.	Instrumentos, entrevistas, presentaciones demostraciones, etc.

- **Caracterizar las prácticas.** La verificación de los PIIs se hace a nivel de “instanciación”, es decir hasta que han sido obtenidas las evidencias objetivas suficientes para caracterizar la implementación de una práctica específica o genérica. La cantidad suficiente de apego al nivel de práctica es determinada cuando los elementos directos que cubren el propósito de la práctica han sido verificados y corroborados por los elementos indirectos o afirmaciones. Basado en los datos de implementación de práctica, el equipo de evaluación (típicamente un mini- equipo) atribuye los valores para caracterizar la extensión de la práctica del modelo de referencia de evaluación que es implementada. Cada práctica es caracterizada como:

- Completamente implementada (FI, por sus siglas en inglés).
- En gran parte implementada (LI, por sus siglas en inglés).
- Parcialmente implementada (PI, por sus siglas en inglés).
- No implementada (NI, por sus siglas en inglés).
- Aún no implementada o desconocida (NY, por sus siglas en inglés).

La intención de esta caracterización es resumir el criterio (juicio) del equipo de evaluación respecto a la implementación de la práctica para permitir la identificación y priorización de áreas donde el criterio adicional, investigación, o corroboración podrían ser necesarios [SCAMPI, 2006].

*Fase 3. Informar resultados.* En esta fase, el equipo de evaluación proporciona al patrocinador de la evaluación y a la organización las conclusiones y la clasificación obtenida. Estos elementos se hacen parte del registro de evaluación y llegan a ser datos protegidos. El nivel de la protección y el plan para la disposición de materiales de evaluación y datos es determinado en la fase 1 en colaboración con el patrocinador.

Para obtener una referencia más detallada de SCAMPI consultar [SCAMPI, 2006].

#### **2.4.3.1. Ventajas**

- SCAMPI comprende tres métodos de evaluación: clase A para evaluaciones rigurosas, clases B y C como métodos menos formales [De la Villa, 2004], [CMMI, 2006].
- Se reduce la complejidad, ya que los requisitos para los instrumentos (ejemplo cuestionarios) fueron eliminados. Ahora son requeridas dos tipos de evidencia: documentos y entrevistas [SCAMPI, 2006], [URL-7], [SEI, 2006a].
- El método SCAMPI es revisado y actualizado por retroalimentación de la comunidad de interés [SCAMPI, 2006].
- El método SCAMPI está fuertemente ligado a CMMI [SCAMPI, 2006], [URL-7].
- SCAMPI es aplicable a un amplio rango de modos de uso de evaluación, incluyendo la mejora de proceso interna, como determinaciones de capacidad externa para identificar los riesgos de adquisición [SCAMPI, 2006].
- Una valoración SCAMPI A tiene un período de validez de 3 años. Lo que resultará en informes de valoración actualizados. [SEI, 2006a], [URL-7].

#### **2.4.3.2. Desventajas**

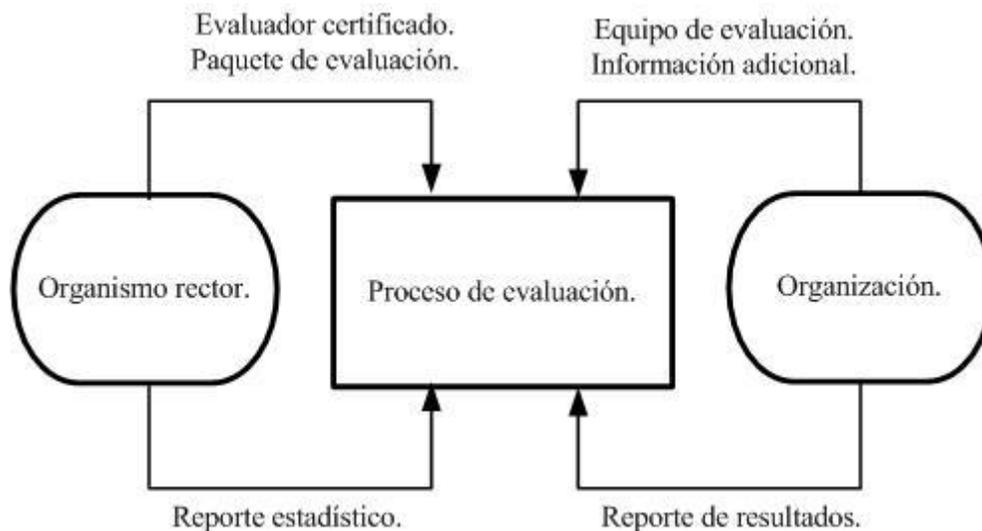
- Como requisito para ser considerada una valoración SCAMPI A, debe ser dirigida por un evaluador autorizado a través del programa de evaluador del SEI. Se requieren asesores certificados [SCAMPI, 2006].
- Sólo las valoraciones de clase A, son reportadas al SEI a través de los evaluadores certificados [SCAMPI, 2006.]
- Un ciclo para las actividades de valoración de SCAMPI A, puede consumir hasta dos años, desde la planeación hasta la implementación del plan de acción [SCAMPI, 2006].

#### 2.4.4. EvalProsoft (Método de Evaluación de Procesos para la Industria de Software)

El Método de Evaluación de Procesos para la Industria Software (EvalProSoft) fue creado en México a través del Programa para el Desarrollo de la Industria de Software (ProSoft) de la Secretaría de Economía dependiente del Gobierno Federal. La versión 1.1 fue liberada en el año 2004. El Método EvalProSoft usa el MoProSoft V1.1 como referencia de modelo de procesos así como el ISO/IEC 15504-2 como modelo de capacidad del Proceso para obtener perfiles que le permitan establecer niveles de capacidad y de madurez para los procesos implantados en una organización [Oktaba, 2004].

EvalProSoft se aplica a las organizaciones dedicadas al desarrollo y/o mantenimiento de software, en particular a las que han utilizado MoProSoft para la implantación de sus procesos. El método de evaluación involucra principalmente al organismo rector y a la organización a evaluar. La organización selecciona a un evaluador certificado reconocido por el organismo rector, este evaluador dirige el proceso de evaluación en función de los datos de la organización apoyándose en el equipo y en el paquete de evaluación.

Del proceso de evaluación se obtiene un reporte de resultados para la organización y un reporte estadístico para el organismo rector. En el reporte de resultados se documentan el perfil del nivel de capacidad de los procesos, el nivel de madurez de la capacidad, y el resumen de hallazgos detectados. En el reporte estadístico se proporciona la información general de la organización evaluada, los resultados de la evaluación y las lecciones aprendidas sobre el método de evaluación y sobre el modelo de procesos MoProSoft (véase Figura 2.10).



**Figura 2.10.** Relación entre los elementos del Método de Evaluación

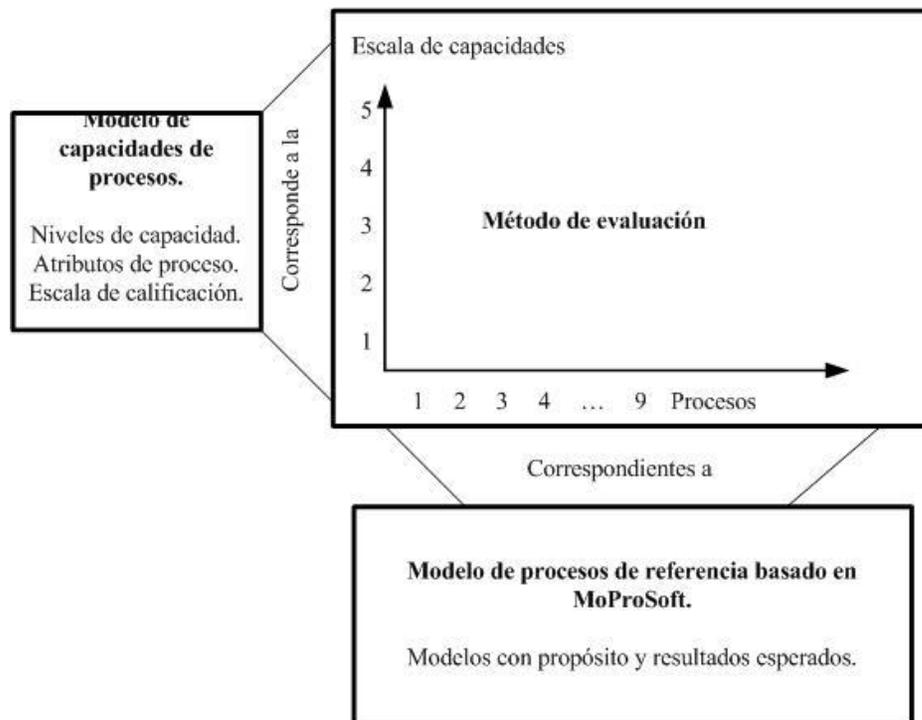
EvalProSoft puede ser usado para:

- *Evaluar procesos software mediante la acreditación de capacidades.* Es cuando una organización solicita a un evaluador certificado la realización de la evaluación para obtener un perfil del nivel de capacidad de sus procesos implantados y un nivel de madurez de capacidad.
- *Evaluar procesos software del proveedor.* Es cuando un cliente solicita a un evaluador certificado la realización de una evaluación para obtener un perfil del 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 con personal interno o externo que no necesariamente es un evaluador certificado.

Los resultados de las evaluaciones pueden ser utilizados como base para la elaboración del plan de mejora, a fin de optimizar los resultados de la organización que se dedica al desarrollo y mantenimiento de software procurando así mejorar la productividad y la calidad de sus servicios y/o producto [Oktaba, 2004].

En MoProSoft La capacidad de un proceso se evalúa en una escala de 0 a 5. El valor cero se asocia al nivel de capacidad más bajo, y significa que aún no se alcanza el propósito para el cuál fue creado dicho proceso. El valor cinco se asocia al nivel de capacidad más alto y significa que se logran las metas de negocio actuales y proyectadas a través de la optimización y mejora continua del proceso. La medición de la capacidad se obtiene a través de un conjunto de Atributos de Procesos (AP), los cuales se usan para determinar cuando el proceso ha alcanzado un nivel de capacidad (véase Tabla 8 y Figura 2.11).



**Figura 2.11.** Relación entre los elementos de EvalProSoft

**Tabla 8.** Niveles de capacidad y atributos que lo caracterizan.

Nivel	Descripción	Atributos
Nivel 0: Proceso Incompleto	El proceso no está implantado o falla en alcanzar el propósito del proceso.	
Nivel 1: Proceso Realizado.	El proceso implantado logra su propósito.	AP 1.1 Realización del proceso.
Nivel 2: Proceso Administrado.	El proceso realizado se implanta de manera administrada y sus productos de trabajo están apropiadamente establecidos, controlados y mantenidos.	AP 2.1 Administración de la realización AP 2.2 Administración del producto de trabajo.

Nivel	Descripción	Atributos
Nivel 3: Proceso Establecido.	El proceso administrado es implantado mediante el proceso definido, con lo que se logran los resultados del proceso.	AP 3.1 Definición del proceso AP 3.2 Implantación del proceso
Nivel 4: Proceso Predecible.	El proceso establecido opera dentro de límites para lograr sus resultados.	AP 4.1 Medición del proceso AP 4.2 Control del proceso
Nivel 5: Optimizando el proceso	El proceso predecible es continuamente mejorado para lograr las metas actuales y futuras relevantes de negocio.	AP 5.1 Innovación del proceso AP 5.2 Optimización del proceso

Para calificar el grado de cumplimiento de los atributos del proceso se utiliza la escala ordinal mostrada en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Escala ordinal para calificar el grado del cumplimiento del atributo del proceso.

Escala	Descripción	Valor
N	No alcanzado.	0 – 15% del alcance.
P	Parcialmente alcanzado.	> 15% hasta 50 % del alcance.
A	Ampliamente alcanzado	> 50% hasta el 85% del alcance.
C	Completamente alcanzado.	> 85% hasta el 100% del alcance.

El conjunto de calificaciones de los atributos propios de un proceso forman un perfil. El resultado de una evaluación incluye un conjunto de perfiles del proceso para cada uno de los procesos evaluados. El nivel de capacidad alcanzado por cada proceso se deriva de la calificación de los atributos correspondientes tomando como referencia la Tabla 10.

**Tabla 10.** Calificación del nivel de capacidad del proceso.

Atributo	Nivel/calificación mínima.	1	2	3	4	5
Realización del proceso.		A	C	C	C	C
Administración de la realización.		-	A	C	C	C
Administración del producto de trabajo.		-	A	C	C	C
Definición del proceso.		-	-	A	C	C
Implantación del proceso.		-	-	A	C	C
Medición del proceso.		-	-	-	A	C
Control del proceso.		-	-	-	A	C
Innovación del proceso.		-	-	-	-	A
Optimización del proceso.		-	-	-	-	A

El nivel de capacidad del proceso es el nivel cuyo cumplimiento de los atributos es, al menos, ampliamente alcanzado. El cumplimiento de los atributos de los niveles inferiores debe ser completamente alcanzado. Para obtener una referencia más detallada de EvalProSoft consultar [Oktaba, 2004].

#### 2.4.4.1. Ventajas

- Elaborado, verificado y validado por un grupo de expertos nacionales en estándares para la industria de software [Oktaba, 2004].
- Puede ser usado para evaluar los procesos de una organización ya sea con el apoyo de un evaluador certificado o por personal interno que no necesariamente necesite la intervención de un organismo rector [Oktaba, 2004].
- Los perfiles de capacidad y madurez de las organizaciones son reportados al organismo rector para contribuir con el diagnóstico de las capacidades de la industria del software del país [Oktaba, 2004]
- Evalprosoft está ligado principalmente al modelo de procesos Moprosoft [Oktaba, 2004].
- Evalprosoft es parte de una norma nacional que está basado en la norma internacional ISO/IEC 15504-2 [21], [Oktaba, 2005]].

#### 2.4.4.2. Desventajas

- Se requiere de un evaluador certificado si se desea obtener un perfil del nivel de capacidad y perfil de madurez [Oktaba, 2004].
- La versión actualizada se puede adquirir bajo un costo [URL-6]
- Evalprosoft es parte de una norma nacional. Aplicable sólo en el país, aunque está considerado como la base para elaborar un mecanismo de evaluación y certificación de la industria de software reconocido en toda Iberoamérica [Oktaba, 2007].

### 2.5. Comparativa empírica de los modelos de evaluación.

A continuación se describen los criterios que a consideración del autor son relevantes para la comparación de los modelos de evaluación de procesos. Estos criterios están basados en una extensa revisión de la literatura relacionada con los modelos de evaluación, estudios comparativos existentes y documentos de mapeo entre modelos (véase Tabla 11).

- **Ámbito de aplicación**

*Descripción:* Es un criterio que permite delimitar el uso de un modelo de evaluación de procesos, es decir si su aplicación es generalizada o solo aplicable a un contexto particular como el desarrollo software; si está diseñado para grandes o pequeñas organizaciones; si es una norma o puede ser adaptado y si se relaciona con algún modelo de referencia de procesos en particular.

*Justificación:* Dado que la propuesta de investigación de esta tesis está enfocada a PyMEs desarrolladoras de software es importante determinar el ámbito de aplicación de los modelos de evaluación de procesos revisados.

- **Adaptable a PyMEs.**

*Descripción:* Este criterio permite determinar si un modelo de evaluación de procesos ha sido desarrollado tomando en cuenta para su aplicabilidad características como: el tamaño de la organización, recursos necesarios para su uso, costo de los documentos que lo describen.

*Justificación:* Debido a que la propuesta de la tesis está dirigida a PyMEs y que una limitante de ellas son los recursos financieros, es importante definir si los modelos de evaluación de procesos revisados son factibles de implementar por este tipo de empresas.

- **Facilidad de comprensión.**

*Descripción:* Este criterio permite determinar la amplitud de un modelo de evaluación, es decir que tan extenso es el documento que describe el modelo.

*Justificación:* Debido a que la propuesta de esta tesis está dirigida a PyMEs, es importante valorar la extensión de cada uno de los documentos que describen los modelos de evaluación de procesos, ya que una organización grande no opera de la misma forma que una pequeña.

- **Inclusión de un ciclo de mejora**

*Descripción:* Este criterio permite determinar si un modelo de evaluación de procesos proporciona información para implementar la mejora al proceso software.

*Justificación:* La propuesta de esta tesis está dirigida a generar planes de acción a partir de resultados de evaluaciones del proceso software, razón por la cual es importante señalar si los modelos de evaluación de procesos revisados proporcionan información al respecto.

- **Utilización de una escala de evaluación.**

*Descripción:* Este criterio permite establecer la escala de evaluación utilizada por un modelo de evaluación de procesos.

*Justificación:* Es importante una escala de evaluación amplia que permita valorar de manera objetiva el desempeño de los procesos revisados.

- **Existencia de herramientas basadas en el modelo.**

*Descripción:* Este criterio permite determinar si existen herramientas basadas en un modelo de evaluación de procesos en particular.

*Justificación:* Es importante determinar la existencia de herramientas basadas en los modelos de evaluación de procesos revisados, ya que la propuesta de esta tesis considera el diseño de una herramienta que permita evaluar procesos software y generar planes de acción

**Tabla 11.** Comparativo de los modelos de evaluación.

<b>Característica</b>	<b>ISO/IEC 15504</b>	<b>CBA-IPi</b>	<b>SCAMPI</b>	<b>Evalprosoft</b>
Ámbito de aplicación.	Software, adaptable a PyMEs y puede relacionarse con cualquier modelo de procesos.	Software, adaptable a PyMEs y relacionado con el modelo internacional CMM.	Software, adaptable a PyMEs y relacionado con el modelo internacional CMMI.	Software, para PyMEs y relacionado con la norma nacional Moprosoft.
Adaptable a PyMEs.	El costo de evaluación es alto, el documento tiene un costo y cuenta con un solo método de evaluación.	El costo de evaluación es alto, el documento es gratuito y cuenta con método de clase C para evaluación menos rigurosa.	El costo de evaluación es alto, el documento es gratuito y cuenta con métodos de clase B y C para evaluaciones menos rigurosas	El costo de evaluación es alto, el documento de la norma tiene un costo y utiliza un solo método de evaluación.
Facilidad de	Más de 100	Más de 50	Más de 200 páginas.	Más de 40

<b>Característica</b>	<b>ISO/IEC 15504</b>	<b>CBA-IPI</b>	<b>SCAMPI</b>	<b>Evalprosoft</b>
comprensión.	páginas.	páginas.		páginas.
Inclusión de un ciclo de mejora.	Parte 4 de la norma.	No	No	No
Utilización de una escala de evaluación.	No alcanzado, parcialmente alcanzado, en gran parte alcanzado y completamente alcanzado.	Satisfecha, insatisfecha, no aplicable y no evaluada.	Completamente implementada, en gran parte implementada, parcialmente implementada, no implementada y aún no implementada.	No alcanzado, parcialmente alcanzado, ampliamente alcanzado y completamente alcanzado.
Existencia de herramientas basadas en el modelo.	Si (SPiCE 1-2-1 for International Standard), tiene costo, proporciona resultados de evaluación pero no genera planes de mejora	No identificadas.	Si (Appraisal Wizard 7) pero dirigida a organizaciones con experiencia en modelos de proceso y de evaluación.	No identificadas.

Como resumen de esta comparativa, se puede decir que existen modelos de evaluación de procesos que son aplicables directamente a la industria software, algunos de los cuáles permiten adaptaciones en evaluaciones menos rigurosas (como por ejemplo CMMI con sus métodos de clase B y C). Sin embargo, para las PyMEs la implementación sigue siendo costosa ya que se requiere de personal capacitado para llevar a cabo la evaluación. Actualmente se carecen de instrumentos que permitan valorar de manera interna los procesos de la empresa antes de iniciar una evaluación formal, y principalmente, no existen herramientas que generen planes de acción automáticamente.

## 2.6. Modelos para conducir la mejora del proceso.

Los procesos proporcionan un marco estructurado y disciplinado para que las personas con el apoyo de la tecnología puedan realizar su trabajo de una forma más eficaz y eficiente. Las organizaciones han tomado conciencia de esto y se plantean cómo mejorar los procesos. La mejora de los procesos significa optimizar la efectividad y la eficiencia mejorando también los controles, reforzando los mecanismos internos para responder a las contingencias y las demandas de nuevos y futuros clientes [Sagrario, 2007].

El desempeño de la organización mejora continuamente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso y la toma de decisiones eficaces se basa en el análisis de los datos e información. Al medir y analizar resultados se obtienen los criterios de gestión necesarios para aplicar medidas que mejoran de forma continua la eficiencia y calidad de los procesos base, y por tanto de los resultados [Prosoft, 2004], [Palacio, 2005].

La mejora del proceso software es una iniciativa que permite valorar el estado actual en relación con procesos software, establecer soluciones y medir si dichas soluciones mejoraron la situación [Pries, 2007].

PDCA, IDEAL y CMMI son modelos que sirven como guía para iniciar, planificar e implementar acciones tendientes a mejorar los procesos, los cuales se describen a continuación.

### 2.6.1. Plan-Do-Check-Act (PDCA)

PDCA es un ciclo de mejora continua de cuatro fases: planear, hacer, verificar y actuar, desarrollado por Walter Shewhart y explicado en 1939 en su libro “método estadístico desde el punto de vista de control de calidad”, y popularizado por W Edwards Deming desde los años cincuenta (véase Figura 2.12) [Weinstein, 2004].

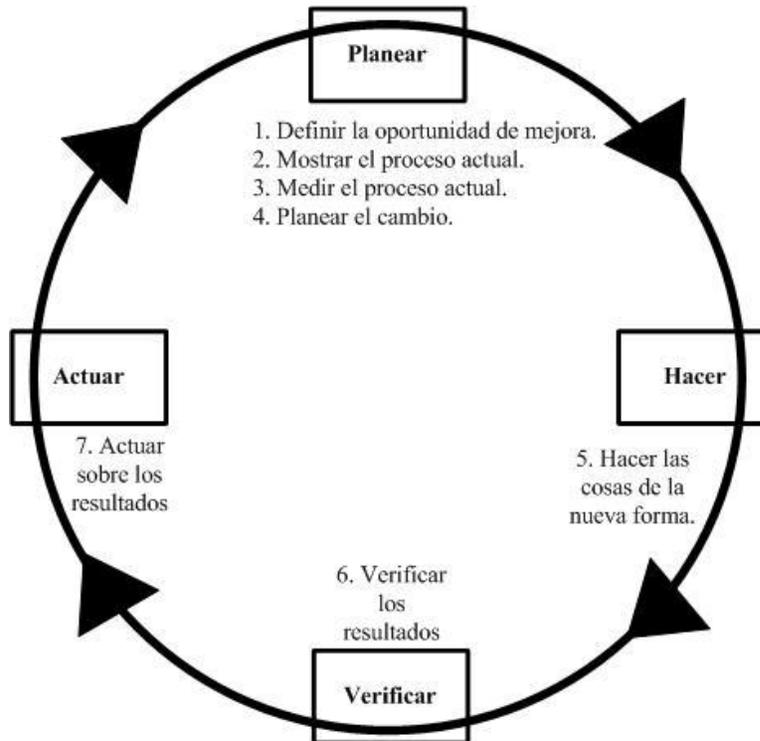


Figura 2.12. Relación entre los elementos de EvalProSoft

Este método está basado en la suposición de que si se adopta, se aprenderá continuamente cómo servir al cliente y hacer bien el trabajo. Aunque los pasos son numerados del uno al siete, PDCA es un ciclo que nunca termina en una organización dedicada a la calidad. Algunas veces, los métodos de recolección de datos pueden necesitar algunos intentos de prueba y error antes de que sean eficaces [Quality, 1995].

PDCA proporciona un marco para la mejora de un proceso. Puede guiar al proyecto de mejora completo o proyectos específicos en identificar áreas susceptibles de mejora [Marquis, 2006].

Las fases del modelo se describen a continuación de forma resumida:

- *Planear*. Esta fase involucra establecer límites, determinando qué datos son necesarios, cómo serán recolectados y qué representan. El primer paso en mejorar el proceso es quitar la causa de la inestabilidad. Una recolección cuidadosa de datos y un análisis de éstos es un indicador de identificación de las causas que generan inestabilidad.
- *Hacer*. Consiste en implementar el cambio planeado. Supervisar el plan de proyecto de mejora para asegurarse de que el plan se está ejecutando de la forma en que se planeó.
- *Verificar*. Valorar los resultados del cambio. Analizar los resultados del plan de proyecto. Si el cambio cumplió con los objetivos planeados debe ser implementado dentro del proceso, de lo contrario puede necesitar modificaciones o en el peor de los casos ser rechazado.

- *Actuar*. Se establece la alternativa de cambio más eficaz como el modo estándar de la operación. Entonces, el ciclo empieza otra vez con un nuevo conjunto de mejoras planeadas. El aprendizaje del recorrido por el ciclo PDCA debe ser documentado y desplegado para todos los propietarios de los procesos tanto como para las personas que puedan llegar a ser propietarios de esos procesos en el futuro.

Para obtener una referencia más detallada de PDCA consultar [Quality, 1995].

#### **2.6.1.1. Ventajas**

- El ciclo PDCA puede ser un método efectivo y rápido para implementar la mejora continua [Weinstein, 2004].
- La práctica proporciona la habilidad para ejecutar el ciclo PDCA más fácil y más rápido cada vez [Quality, 1995].
- El ciclo PDCA se puede aplicar a todas las actividades de la organización [Weinstein, 2004].
- Es como un modelo dinámico, terminar un ciclo lleva al inicio del próximo ciclo. Este ciclo continuo conlleva a una mejora creciente [Marquis, 2006].
- Ayuda a implementar planes de mejora eficaces [Marquis, 2006].
- Está muy relacionado con ISO 9001:2000 [Armas, 2007].

#### **2.6.1.2. Desventajas**

- La recolección de datos es una de las partes más difíciles del ciclo PDCA. Los métodos de recolección de datos pueden necesitar algunos intentos de prueba y error antes de ser eficaces [Quality, 1995].
- La primera vez que se recorre el ciclo PDCA puede llegar a ser difícil su implementación pero la práctica proporcionará la habilidad necesaria para ejecutar cada vez mejor el ciclo PDCA [Quality, 1995].
- El método garantiza la mejora continua a largo plazo en toda la organización [Pino, 2006]].
- Cada paso del ciclo PDCA es crítico para una implementación de mejora de proceso exitosa [Weinstein, 2004].

#### **2.6.2. IDEAL (Initiating, Diagnosis, Establishing, Acting, Learning)**

EL SEI ha propuesto un ciclo de mejora de procesos conocido como IDEAL. Es un modelo de mejora de procesos de software que puede ser usado como guía para iniciar, planificar e implementar acciones tendientes a mejorar los procesos (véase Figura 2.13). El modelo consta de 5 fases en un ciclo continuo: iniciar (*initiating*), diagnosticar (*diagnosis*), establecer (*establishing*), actuar (*acting*) y aprender (*learning*) [McFeeley, 1996].

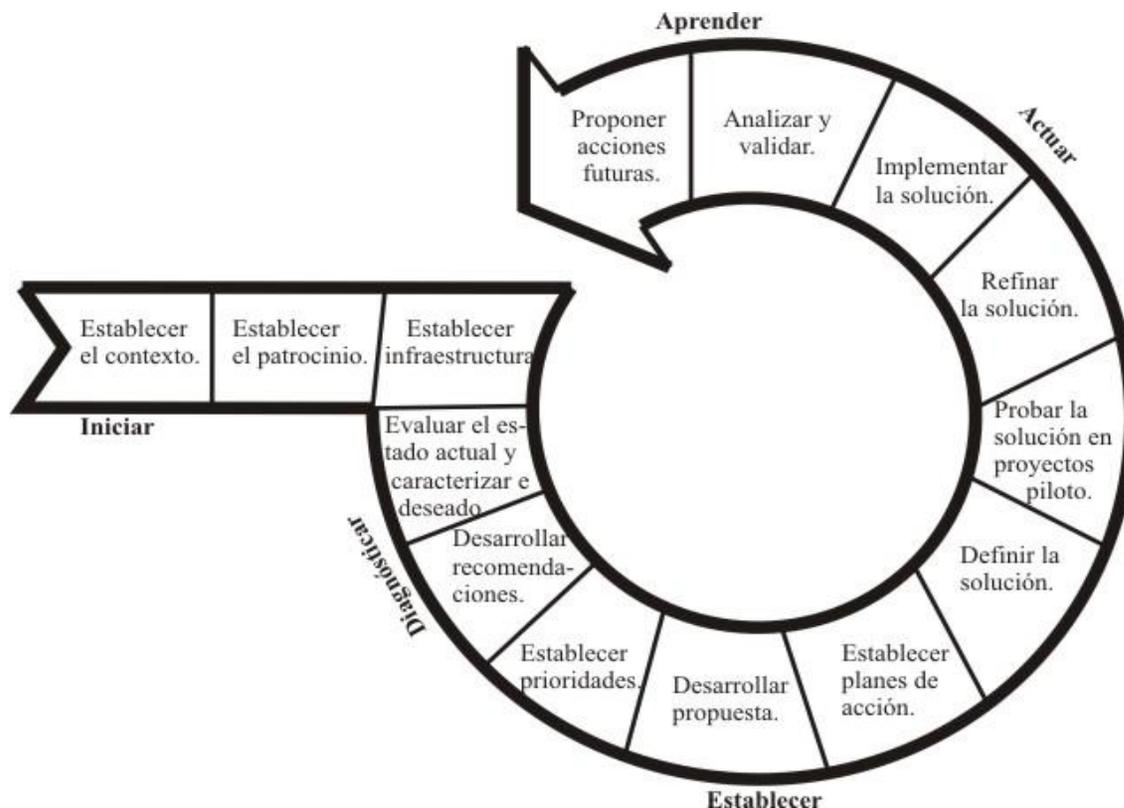
Integra planes para iniciar y administrar un programa de SPI a través de descripciones genéricas recomendadas. El tiempo para completar el ciclo dependerá de los recursos comprometidos para el programa de mejoramiento. Muchas actividades pueden realizarse en paralelo. Habrá instancias de una organización en una fase mientras otras estén en otra fase. El éxito o fracaso dependerá de la infraestructura, roles y responsabilidades asignadas al programa de mejoramiento.

Las organizaciones pueden iniciar un programa de SPI por varias razones, entre estas:

- Cambiar sus procesos software.
- Mantener o mejorar su ventaja competitiva a través de la calidad y la productividad de sus procesos software.

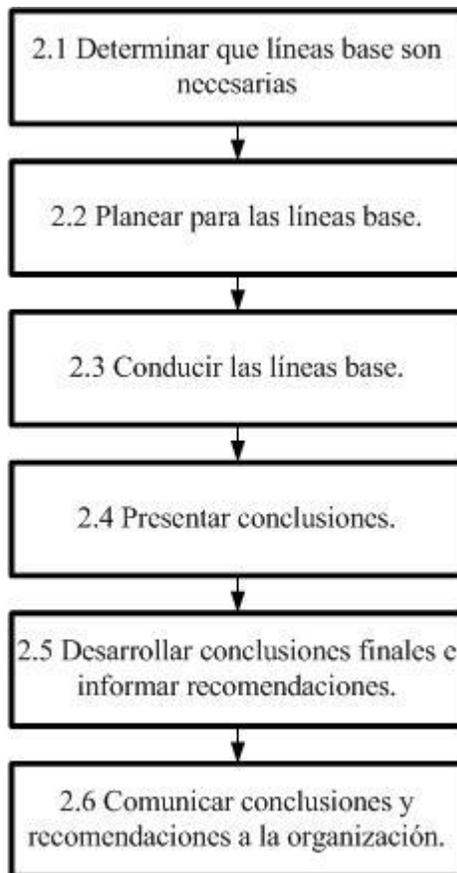
Existen algunos factores clave que aumentarán las oportunidades para un programa de SPI exitoso, entre estos:

- Tener un nivel alto de patrocinio para el programa.
- Desarrollar una infraestructura con miembros respetados de la organización.
- Desarrollar un plan de comunicaciones.
- Implementar un incentivo y programa de reconocimiento.



**Figura 2.13.** Modelo IDEAL

En la fase inicial del modelo IDEAL se establecen los fundamentos básicos para garantizar y dar soporte a la iniciativa de SPI, entre ellos la infraestructura de la mejora inicial -grupos de dirección (MSG, por sus siglas en inglés) y grupos de proceso de IS (SEPG, por sus siglas en inglés) y el equipo de descubrimiento- y los compromisos de recursos y tiempo con la alta dirección. En la fase de diagnóstico se evalúan las fortalezas y debilidades del proceso actual utilizado en los proyectos, mediante un método formal. Los resultados y recomendaciones de las evaluaciones deben ser incluidos en un plan de acción de mejora (véase Figura 2.14). En la fase de establecimiento se priorizan los problemas detectados y se desarrollan las estrategias para la solución. Se elabora un plan de acción que incluya calendario de proyectos, tareas, hitos, puntos de decisión, recursos, responsabilidades, métricas, mecanismos de seguimiento y riesgos con sus respectivas estrategias de mitigación (véase Figura 2.15).



**Figura 2.14.** Flujo de proceso de la fase diagnosticar

En la fase de actuación se crean las soluciones para dirigir las áreas a mejorar, descubiertas previamente en la fase de diagnóstico. El plan de acción es desarrollado y se ejecutan pruebas piloto para evaluar los procesos. Se refina la solución y se aplica a lo largo de la empresa.

Por último, en la fase de aprendizaje se permite validar si la iniciativa de mejora logró los propósitos deseados.

Para obtener una referencia más detallada de IDEAL consultar [McFeeley, 1996].

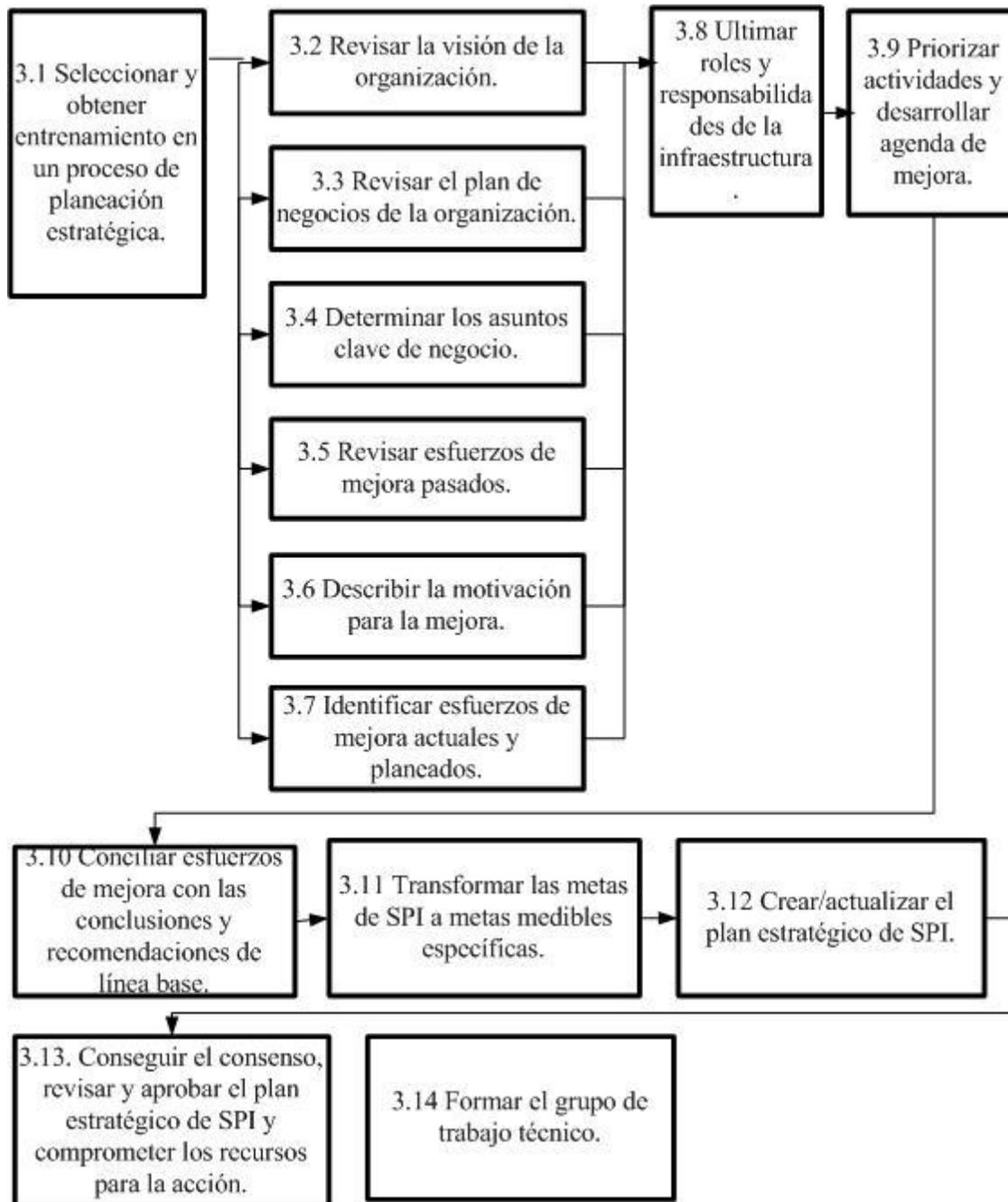


Figura 2.15. Flujo de proceso de la fase establecer

### 2.6.2.1. Ventajas

- El modelo IDEAL es ampliamente usado, ya que su adaptación es la forma más utilizada para conducir la mejora [Pino, 2006], [Mutafelija, 2003].
- IDEAL es un modelo disponible públicamente [Mutafelija, 2003].
- El modelo IDEAL implementa el modelo PDCA [Mutafelija, 2003], [Kimbrough, 1997].
- El modelo IDEAL está históricamente relacionado a CMM y CMMI [Mutafelija, 2003], [Armas, 2007].

- La experiencia con IDEAL proporciona la habilidad para implementar cambios cada vez más eficientes y eficaces [Quality, 1995].
- El modelo IDEAL está especialmente orientado a las mejoras intensivas en organizaciones software [García, 2006].

#### **2.6.2.2. Desventajas**

- En la práctica los límites del modelo no están claramente definidos [Kautz, 2000].
- El modelo IDEAL está basado en experiencias de grandes organizaciones. Existe poca información de cómo se puede adaptar a empresas pequeñas y cuáles son los factores e interdependencias que deben ser tomados en cuenta [Kautz, 2000].
- IDEAL es altamente recomendado como modelo secuencial, sin embargo en la práctica es casi imposible seguir una secuencia ya que algunas actividades se realizan en forma paralela [Kautz, 2000].

#### **2.6.3. CMMI v1.1 (Capability Maturity Model Integration v1.1)**

El modelo CMMI junto con un método de evaluación y productos de soporte se lograron por los trabajos coordinados por el SEI con organizaciones de la industria y el gobierno de los Estados Unidos. El propósito de CMMI es proporcionar una guía para mejorar los procesos de una organización y la habilidad para dirigir el desarrollo, adquisición, y mantenimiento de productos o servicios. El CMMI ayuda a una organización a valorar su madurez organizativa o capacidad de área de proceso, establecer las prioridades para la mejora, e implementar estas mejoras [CMMI, 2002].

Existen dos representaciones del modelo: continua y por etapas. En la representación continua, el modelo permite seleccionar el orden de mejora que mejor cubra los objetivos de negocio de la organización. La representación continua usa seis niveles de capacidad para medir la mejora donde cada nivel de capacidad corresponde a una meta genérica y a un conjunto de prácticas genéricas y específicas. Un nivel de capacidad consiste de las prácticas específicas y genéricas relacionadas con un área de proceso que puede mejorar los procesos de la organización relacionados con esa área de proceso. Los niveles de capacidad se enfocan en el crecimiento de la habilidad de la organización para ejecutar, controlar, y mejorar su rendimiento en un área de proceso.

Mientras que en la representación por etapas, el modelo proporciona una secuencia de mejora, iniciando con las prácticas de gestión básicas y progresando a través de un camino predefinido de niveles sucesivos, cada uno sirviendo como fundamento para el siguiente. La representación por etapas usa niveles de madurez. Existen cinco niveles de madurez numerados del uno al cinco. Cada nivel de madurez comprende un conjunto de áreas de proceso predefinidas.

Los componentes del modelo para ambas representaciones son agrupados en tres categorías: requeridos, esperados e informativos. Cuando se usa un modelo de CMMI como guía, se planea e implementan los procesos de conformidad con los componentes requeridos y esperados. Las metas específicas organizan las prácticas específicas y las metas genéricas organizan las prácticas genéricas. Cada práctica específica y genérica corresponde a un nivel de capacidad (véase Figura 2.16). En la representación continua, un perfil de nivel de capacidad es una lista de áreas de proceso y sus niveles de capacidad correspondientes. Es un perfil de logro que representa el progreso de la organización en cada área de proceso. Por otra parte, el perfil es una meta cuando representa los objetivos de mejora de proceso de la organización. Una organización debe poner atención a las dependencias entre las prácticas genéricas y áreas de proceso.

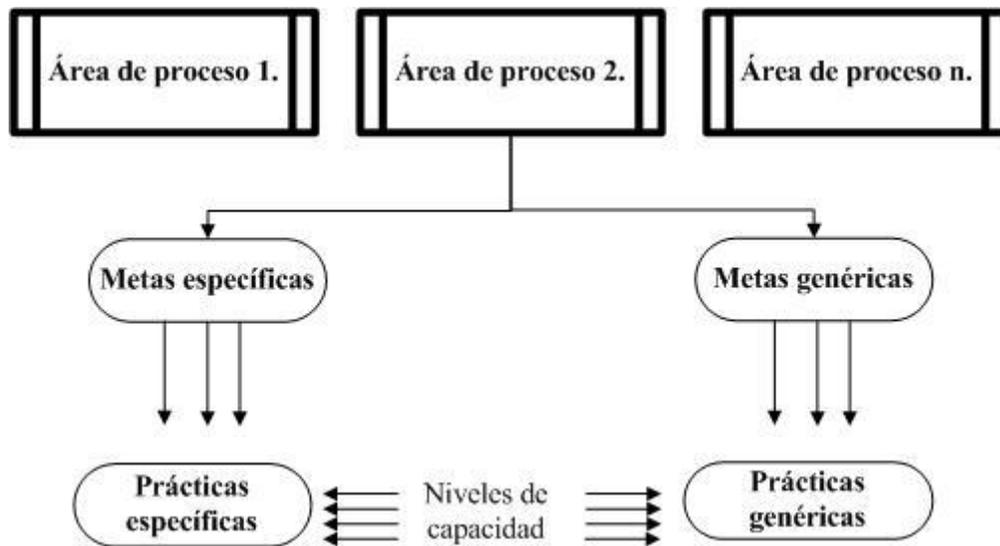


Figura 2.16. Componentes del modelo CMMI v1.1

Los niveles de capacidad de áreas de proceso son alcanzados a través de la aplicación de las prácticas genéricas. Alcanzar un nivel de capacidad para un área de proceso es equivalente a decir que se está consiguiendo las metas específicas del área de proceso.

Las prácticas específicas pertenecientes a las áreas de proceso en la gestión de proceso, la gestión de proyecto, y soporte son todas de Nivel de capacidad 1. Sin embargo, otras áreas de proceso (por ejemplo, áreas de proceso de ingeniería) tienen dos tipos de prácticas específicas: *prácticas base* y las *prácticas avanzadas*. En áreas de proceso que tienen prácticas avanzadas, el nivel de capacidad particular que está considerado determina al conjunto de las prácticas específicas que son investigadas cuando se evalúa una meta específica. La regla es esta: *cuando se evalúa una meta específica relativa con un nivel de capacidad, todas las prácticas específicas asociadas a ese nivel de capacidad deben ser investigadas*.

Las evaluaciones de proceso se concentran en identificar oportunidades de mejora. La organización debe fijar sus prioridades sobre objetivos de negocio y de mejora de proceso, así como en su colección de procesos de negocio y técnicos. Los equipos de evaluación usan los modelos de CMMI como guía para identificar y priorizar conclusiones. Estas conclusiones, con la guía proporcionada por las prácticas en los modelos de CMMI, son usadas por un grupo de proceso, para planear las mejoras para la organización. Los principios de evaluación de CMMI utilizan un enfoque sobre objetivos de negocio de la organización, confidencialidad para entrevistas, uso de un método de evaluación documentado, uso de un modelo de referencia de procesos (por ejemplo, un modelo CMMI) como base, equipo colaborativo, acciones para mejora de procesos.

El proyecto de CMMI ha producido un método de evaluación rigurosa para benchmarking y un conjunto de guías para evaluaciones de mejora de proceso que requieren menos rigor y repetitividad. La versión más rigurosa ha sido nombrada método de evaluación de CMMI estándar para la mejora de proceso (SCAMPI). SCAMPI es el único método de evaluación considerado para benchmarking usando modelos CMMI. El documento de los requisitos de evaluación para CMMI (ARC, por sus siglas en inglés) contiene un conjunto de criterios para desarrollar, definir y usar métodos de evaluación basados en productos CMMI. El ARC proporciona los requisitos para múltiples tipos de métodos de evaluación con guías para determinar la exactitud y repetitividad de resultados de evaluación. El documento ARC usa los modelos CMMI como sus modelos de referencia asociados. El marco de evaluación CMMI (CAF, por sus siglas en inglés) v1.0 fue

originalmente producido para dirigir métodos de evaluación asociados solo con el modelo CMM SW. Con la incorporación de CMMs dentro del marco de CMMI, el ARC ha sido creado para dirigir esos nuevos modelos y el impacto dio como resultado las representaciones por etapas y continua. Otros métodos de evaluación basados en CMMI pueden ser apropiados para un conjunto de necesidades, incluyendo auto-evaluaciones, evaluaciones iniciales, mini evaluaciones, evaluaciones incrementales, y evaluaciones externas [CMMI, 2002].

Para organizaciones que inician en los modelos de tipo CMM. Estas organizaciones pueden acercarse a la mejora usando una representación continua o por etapas. Cada enfoque es complementario al otro. Ninguno es mutuamente exclusivo, pero la elección afectará el programa y las necesidades de la organización para el entrenamiento y la evaluación. Una vez que la organización ha decidido cual representación es la mejor, la planificación puede iniciar con un enfoque de mejora como el modelo IDEAL. Investigaciones han mostrado que el paso inicial para la mejora de proceso es construir un fuerte patrocinio organizacional durante la primera fase de IDEAL antes de invertir en esfuerzos de diagnóstico. El entrenamiento es un elemento clave para fortalecer la habilidad de las organizaciones para adoptar CMMI. La organización se puede concentrar en las áreas que considere de mayor valor para la organización.

Para la mejora de proceso interna, es apropiado restringir o ampliar el alcance del esfuerzo de mejora de una organización o el proyecto. La adaptación puede abordar disciplinas individuales, las áreas de proceso, los niveles de madurez, y/o los niveles de capacidad. La adaptación de un modelo debe concentrarse en identificar las áreas de proceso y las prácticas que respaldan las necesidades de negocio y los objetivos de una organización. Debe tenerse cuidado cuando se considera excluir partes de un modelo de CMMI, debido a las interrelaciones que existen entre áreas de proceso.

En el plan de proyecto, está definida la planeación detallada del proyecto, el programa, las tareas, y los recursos. A menudo el plan de proyecto también contiene los planes para otras funciones de soporte, como garantía de la calidad y gestión de configuración. Un plan de proyecto podría estar conformado de unas cuantas páginas.

En proyectos pequeños, las reuniones son más frecuentes, toman menos tiempo, y cubren más detalles. El programa podría contener las actividades diarias, y supervisarse en reuniones semanales. El programa podría cambiar semanalmente y ser controlado.

En un equipo pequeño, el cliente generalmente conoce al equipo entero y se siente cómodo llamando a cualquier miembro del equipo para proponer o hablar de un cambio. El equipo debe decidir cómo manejar estas llamadas informales del cliente. En cuanto los miembros de equipo están decididos por un enfoque, debe ser documentado y comunicado al cliente. Las mejores opciones de adaptación de evaluación incluyen lo siguiente:

- Establecer alcance de evaluación, incluyendo la entidad organizativa a ser valorada, las áreas de proceso de CMMI a ser investigadas, y el nivel que va a ser valorado

Seleccionar el método de evaluación.

Describir el método de evaluación de CMMI considerando los objetivos de una evaluación particular y los objetivos de negocio de la organización y/o la instanciación.

- Seleccionar a los miembros de equipo de evaluación
- Seleccionar que participantes de evaluación serán entrevistados.
- Establecer productos de evaluación (por ejemplo, clasificaciones, conclusiones de instanciación específica)

- Establecer las restricciones de evaluación (por ejemplo, tiempo en el sitio de evaluación).
- La documentación de los planes de evaluación de CMMI y los resultados debe incluir una descripción de las opciones de adaptación de evaluación seleccionada, así como cualquier adaptación del modelo.

Para obtener una referencia más detallada de CMMI v1.1 consultar [CMMI, 2002].

### **2.6.3.1. Ventajas**

- CMMI es un modelo adoptado ampliamente, por lo que es mejorado utilizando la retroalimentación recibida de la comunidad de interés [CMMI, 2002].
- El modelo CMMI utiliza dos representaciones: por etapas y continua; su representación continua permite la flexibilidad para mejorar uno o más procesos al mismo tiempo [De la Villa, 2004], [CMMI, 2002].
- CMMI proporciona la oportunidad de evitar o eliminar barreras de disciplinas separadas a través de modelos integrados [CMMI, 2002].
- Guía paso a paso para la mejora, a través de niveles de madurez y capacidad [5], [Mutafelija, 2003].
- La suite del producto de CMMI muestra las prácticas en una estructura que ayuda una organización a valorar su madurez organizativa y capacidad de proceso, establecen las prioridades para la mejora, y guían la implementación de estas mejoras [Heinz, 2003].

### **2.6.3.2. Desventajas**

- Muchos autores coinciden en que los estándares del ISO y modelos del SEI difícilmente pueden ser aplicados a empresas pequeñas debido a que un proyecto de mejora supone una gran inversión en dinero, tiempo y recursos que no poseen las PyMEs. Sin embargo las pequeñas y medianas empresas desarrolladoras de software que quieren adaptar y utilizar estos estándares para emprender sus esfuerzos de mejora CMMI, se encuentran con demasiadas normas, en especial para las pequeñas organizaciones que, además, funcionan y evolucionan de distinta manera que las grandes [De la Villa, 2004], [Pino, 2006].
- El CMMI puede llegar a ser excesivamente detallado y difícil de entender para algunas organizaciones, además requiere una fuerte inversión para implementarse completamente [De la Villa, 2004].
- CMMI no está escrito para ser usado en valoraciones sino mas bien esta dirigido a organizaciones maduras [De la Villa, 2004].
- El CMMI puede ser considerado prescriptivo. La problemática inherente con un modelo CMMI es su complejidad, y aunque el modelo muestra el que hacer, no muestra el cómo hacerlo, es por eso que es necesaria una estrategia que permita llegar a la adopción completa del modelo [De la Villa, 2004], [Armas, 2007].

## **2.7. Comparativa empírica de los modelos de mejora.**

A continuación se describen los criterios que a consideración del autor son relevantes para la comparación de los modelos de mejora. Estos criterios están basados en una extensa revisión de la

literatura relacionada con estos modelos, estudios comparativos existentes y documentos de mapeo entre modelos (véase Tabla 12).

- **Ámbito de aplicación**

*Descripción:* Es un criterio que permite delimitar el uso de un modelo de mejora de procesos, es decir si su aplicación es generalizada o solo aplicable a un contexto particular como el desarrollo software; si está diseñado para grandes o pequeñas organizaciones; si es una norma o puede ser adaptado y si se relaciona con algún modelo de referencia de procesos en particular.

*Justificación:* Dado que la propuesta de investigación de esta tesis está enfocada a PyMEs desarrolladoras de software es importante determinar el ámbito de aplicación de los modelos de mejora de procesos revisados.

- **Validación del modelo.**

*Descripción:* Este criterio permite determinar si ha sido documentada la aplicabilidad de un modelo de mejora de procesos, es decir si existen casos de estudio con sus respectivos resultados publicados.

*Justificación:* La generación de planes de acción del modelo propuesto se realizará siguiendo la guía de un modelo de mejora de procesos de amplia aceptabilidad a nivel internacional, por lo que es importante definir si existen casos de éxito de los modelos de mejora de procesos revisados.

- **Facilidad de comprensión.**

*Descripción:* Este criterio permite determinar la amplitud de un modelo de mejora de procesos, es decir que tan extenso es el documento que describe el modelo.

*Justificación:* Debido a que la propuesta de la tesis está dirigida a PyMEs, es importante valorar la extensión de cada uno de los documentos que describen los modelos de mejora de procesos

- **Adaptable a PyMEs.**

*Descripción:* Este criterio permite determinar si un modelo de mejora de procesos ha sido desarrollado tomando en cuenta para su aplicabilidad características como: el tamaño de la organización, recursos necesarios para su implementación, costo de los documentos que lo describen.

*Justificación:* Debido a que la propuesta de la tesis está dirigida a PyMEs y que una limitante de ellas son los recursos financieros, es importante definir si los modelos de mejora de procesos revisados son factibles de implementar por este tipo de empresas.

- **Utilización de repositorio de activos.**

*Descripción:* Este criterio permite determinar si un modelo de mejora de procesos enfatiza la creación de un repositorio de activos que puedan usarse en siguientes programas de SPI.

*Justificación:* Un repositorio de activos es importante ya que permitirá el reuso en siguientes programas de SPI y esta tesis considera un repositorio de activos, por lo que es importante determinar si los modelos de mejora de procesos revisados lo enfatizan.

**Tabla 12.** Comparativo de los modelos de mejora.

<b>Característica.</b>	<b>PDCA</b>	<b>IDEAL</b>	<b>CMMI</b>
Ámbito de aplicación.	Genérico, adaptable a PyMEs y relacionado con las normas internacionales ISO.	Organizaciones dedicadas al desarrollo software, adaptable a PyMEs y relacionado con los modelos internacionales CMM y CMMI.	Software, adaptable a PyMEs.
Validación del modelo.	Por su relación con las normas ISO es ampliamente utilizado.	Numerosos casos de éxito publicados en la página del SEI.	Numerosos casos de éxito publicados en la página del SEI.
Facilidad de comprensión.	Los documentos revisados tienen entre 5 y 50 hojas que describen los 7 pasos en 4 fases.	Más de 200 páginas que describen los 47 pasos de sus 5 fases.	Más de 500 páginas. Además se apoya del modelo IDEAL para implementar la mejora
Adaptable a PyMEs.	Por su relación con las normas ISO, su aplicación es costosa.	Su aplicación es costosa, aunque el documento es gratuito.	Su aplicación es costosa, aunque el documento es gratuito.
Utilización de repositorio de activos.	No	Si	Si

De la tabla anterior, se puede observar que existen modelos de mejora aplicables directamente a la industria software y se apoyan en un marco de referencia de procesos para su implementación. A estos modelos los respaldan numerosos casos de éxito, sin embargo todos estos son manuales extensos que carecen de simplificaciones comprobables para adaptación a las PyMEs y su aplicación resulta costosa ya que se requiere de personal entrenado y dedicado a la mejora de procesos.

Una vez comparados los modelos, se propone diseñar un mecanismo de evaluación basado principalmente en las fases de diagnóstico y establecimiento del modelo IDEAL, en el método de evaluación SCAMPI clase C y en el Nivel 2 del modelo de referencia de procesos CMMI-DEV v1.2. La herramienta propuesta implementa dos mecanismos, uno de evaluación y otro de definición de planes de acción para la mejora del proceso software. Los resultados de la evaluación y los planes generados se mantendrán en un repositorio disponible para las personas autorizadas.

### 3. Diseño del Mecanismo de Evaluación y Generación de Planes

#### 3.1. Introducción

Partiendo de la problemática respecto a la calidad con la que se llevan a cabo los procesos software en las PyMEs, la falta de estándares que se adecuen particularmente a este tipo de empresas y la falta de herramientas que permitan conocer el estado actual de éstos procesos a un bajo costo; en este trabajo de Tesis se propone una herramienta práctica que permita generar planes de acción de acuerdo a las prioridades y realidades de cualquier PyME desarrolladora de software a partir del análisis de las evaluaciones sobre sus procesos software actuales (véase Figura 3.1).

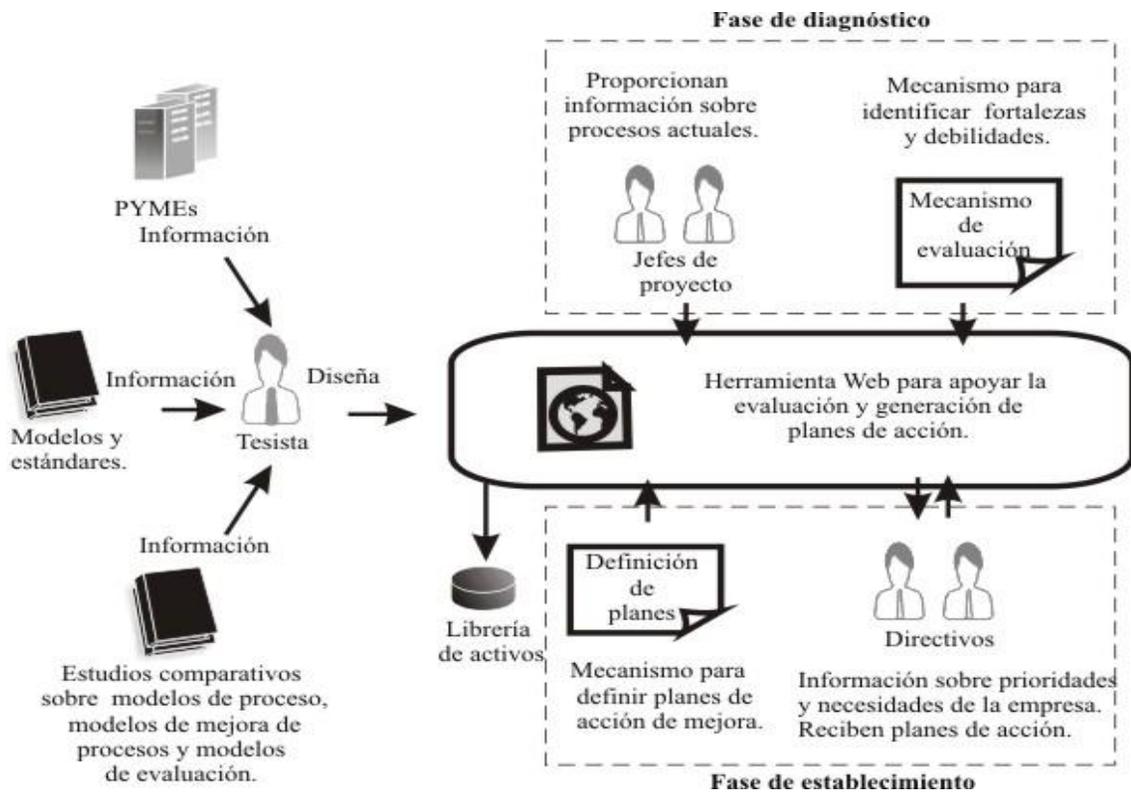


Figura 3.1. Arquitectura de la solución propuesta

Para desarrollar la solución propuesta, en primer lugar, se realizaron análisis comparativos empíricos de los modelos de referencia del proceso software, de los modelos de mejora del proceso y de los modelos de evaluación del proceso; posteriormente, en base a esto se propone el desarrollo

de dos mecanismos fundamentados en las fases de diagnóstico y establecimiento del modelo IDEAL, el primero, un mecanismo de evaluación que permita identificar adecuadamente las fortalezas y debilidades de los procesos software de las PyMEs evaluadas y, un mecanismo de definición de planes de acción que permita analizar los resultados de las evaluaciones anteriores. La solución propuesta consiste en diseñar e implementar una herramienta Web, que permita asistir en la evaluación de los procesos software y en la generación de los planes de acción respectivos. Así mismo, a través de una base de datos se plantea permitir que el usuario almacene y recupere la información generada durante estas actividades, esto con el objetivo de establecer una mejora continua en la empresa.

La solución propuesta se basa en una iniciativa SPI y se centra, principalmente, en las fases de diagnóstico y establecimiento del modelo IDEAL con el objetivo de proporcionar, a las PyMEs desarrolladoras de software, un mecanismo eficiente para la generación de planes de acción como resultado del análisis de sus debilidades y fortalezas actuales.

Recordemos que el propósito de la fase inicial del modelo IDEAL es establecer los fundamentos para dar soporte a la iniciativa de SPI, principalmente se establece el compromiso con la alta dirección y se determina el personal que participará en las actividades de mejora. En base a esto definimos tres roles para el acceso a la herramienta Web. El rol de administrador quien se encarga de configurar la herramienta para que las empresas se puedan evaluar y recibir recomendaciones de mejora. El rol de director para la persona que representa a la alta dirección de una empresa y a quién se le entregan los resultados de la evaluación y los planes de acción generados por la herramienta Web. Y el rol de jefe de proyecto para las personas que se evalúan a través de los cuestionarios para prácticas específicas y genéricas, estas personas deben conocer la cultura de la empresa y la forma en que se efectúan las actividades en las que se evalúan.

El propósito general de la fase de diagnóstico del modelo IDEAL es determinar la situación actual de una empresa. La solución aquí propuesta cubre este propósito por medio de un mecanismo de evaluación que implementa un cuestionario que recolecta información relacionada al nivel de desempeño con que se ejecuta el proceso software actual y que es proporcionada por los jefes de proyecto a través de la herramienta Web. La situación o estado actual de los procesos se determina mediante la comparación con los procesos del Nivel 2 del CMMI-DEV v1.2.

Con respecto al ámbito de aplicación del CMMI-DEV v1.2, el modelo tiene su aplicabilidad en el desarrollo software y aunque está dirigido a grandes empresas puede ser adaptable a PyMEs. La representación continua del modelo CMMI-DEV v1.2 es la aproximación más clara de adaptabilidad ya que permite la flexibilidad para mejorar uno o más procesos. El modelo CMMI-DEV v1.2 es un modelo que a través de niveles de madurez y capacidad guía la mejora del proceso software, por lo que se decidió utilizarlo como modelo de referencia para comparar los procesos actuales y hacer las recomendaciones de mejora respectivas.

La amplia aceptabilidad a nivel internacional del modelo CMMI-DEV v1.2 nos permitió considerarlo como la base de la propuesta de mejora planteada en el trabajo de tesis y que se ve demostrada con las evaluaciones sobre CMMI-DEV reportadas al SEI. Por ejemplo, en julio del 2006 el 36.2% de las evaluaciones fueron sobre desarrollo software [SEI, 2006]. En agosto del 2006 el SEI reportó evidencias sobre beneficios obtenidos de iniciativas de mejora basadas en modelos CMMI [Gibson, 2006]. En el mismo sentido, en una investigación sistemática de la literatura acerca de los esfuerzos SPI llevados en PyMEs, se identifica que se han utilizado los modelos CMM y CMMI como modelos de procesos en una iniciativa de mejora para pequeñas empresas [Pino, 2006].

Aunque el modelo CMMI-DEV v1.2 es exhaustivo, proporciona orientación detallada (prácticas, subprácticas, productos de trabajo y ampliaciones) por áreas de proceso siempre

asequibles cuándo se necesitan [Heinz, 2003], [Mutafelija, 2003]. Por esta razón resulta interesante utilizar el modelo para plantear la propuesta de mejora y utilizar sólo lo necesario para las PyMEs. Además, debido a que la propuesta de solución está dirigida a PyMEs y que una limitante de éstas son los recursos financieros, es importante resaltar que el modelo CMMI-DEV v1.2 está disponible para usarse sin costo alguno.

El conocimiento sobre herramientas existentes, destinadas a cubrir el objetivo de esta tesis, basadas en el modelo CMMI-DEV v1.2 y aplicables a PyMEs, es casi nulo. Las herramientas identificadas en el capítulo 2 y basadas en los modelos CMMI ayudan a evaluar los procesos de las empresas medianas o grandes pero, sin embargo, no generan planes de acción.

El propósito general de la fase de establecimiento del modelo IDEAL es desarrollar o refinar un plan de acción estratégico que proporcione una guía en la iniciativa de SPI. El plan de acción estratégico es crítico ya que debe proporcionar una guía clara de las acciones de mejora (planes de acción tácticos). Los planes de acción SPI son creados a partir de los datos obtenidos en las actividades efectuadas durante la fase de diagnóstico, están vinculados con la visión y objetivos de negocio de la empresa, y contienen información acerca de las áreas que serán mejoradas, las prioridades y una descripción de los procesos que permitirán lograr la mejora [Guerrero, 1999].

Con la solución propuesta, se pretende abordar esta fase con ayuda de los directivos de la PyME puesto que siempre es necesario tomar en cuenta su decisión y compromiso para con las prácticas aún no implementadas o aquellas que necesitan mejorarse. Para implementar la fase de establecimiento, se utilizaron los resultados de evaluaciones de los procesos software, con los que se llevó a cabo un análisis que permitió definir los planes de acción tácticos basados en las prácticas del Nivel 2 del modelo CMMI-DEV v1.2. Por lo tanto, la solución propuesta se estructura en dos partes: un mecanismo de evaluación de procesos software y un mecanismo de generación de planes de acción, ambos mecanismos asistidos por una herramienta Web (véase Figura 3.2).

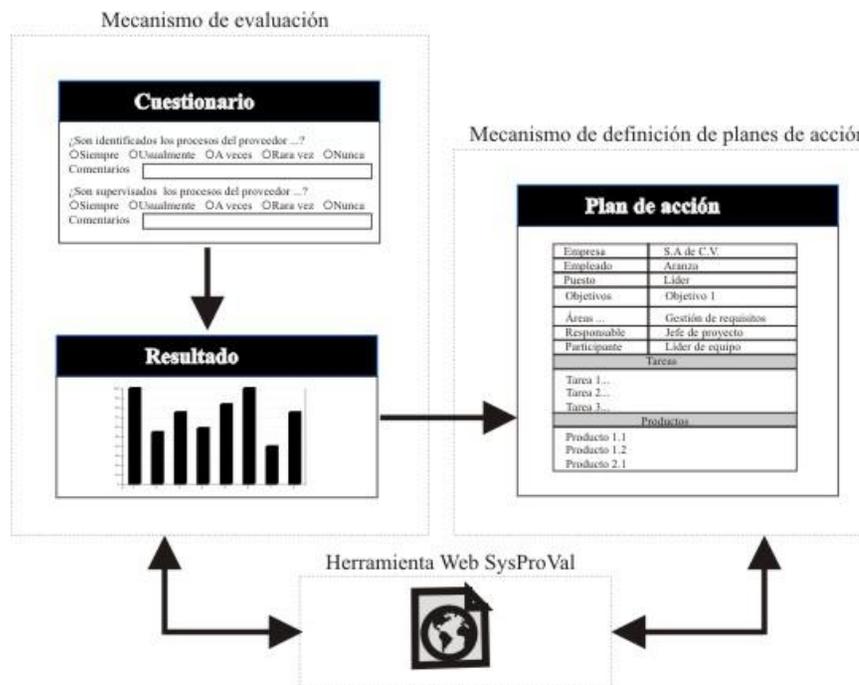


Figura 3.2. Solución propuesta

El mecanismo de evaluación obtiene los datos de los procesos software a través de un mecanismo interno basado en el principio QBA (*questionnaire-based-appraisal*) que se ve reflejado en un cuestionario apoyado en las prácticas específicas y genéricas del Nivel 2 del modelo CMMI-DEV v1.2. Los datos obtenidos son clasificados y contabilizados para obtener los resultados de la evaluación. El mecanismo de generación de los planes de acción analiza los datos recolectados a través del cuestionario, así como los resultados de la evaluación y proporciona recomendaciones de mejora a través de planes tácticos basados en las debilidades y fortalezas previamente determinadas.

### 3.2. Estableciendo el Compromiso

La fase Inicial del modelo IDEAL recomienda iniciar con el establecimiento del compromiso con la alta dirección para asegurar los recursos para la iniciativa de mejora que se pretende llevar a efecto. Una vez efectuado el compromiso, las personas que representan a la empresa software (director y jefe de proyecto) acceden a su perfil de usuario a través de una clave de acceso otorgada por el administrador de la herramienta Web denominada sistema qué va más allá de la valoración - *SysProVal*- (véase Figura 3.3).



**Figura 3.3.** Interfaz de acceso a la herramienta Web SysProVal

Antes de proceder a la evaluación de los procesos software, el método de evaluación SCAMPI recomienda capacitar a las personas que participarán en tal actividad por lo menos en la introducción al modelo de referencia de procesos CMMI-DEV. La herramienta Web propuesta cubre este requerimiento proporcionando detalles generales sobre el Nivel 2 del modelo CMMI-DEV v1.2 (véase Figura 3.4).

### 3.3. Diseño del Mecanismo de Evaluación

Para detectar las fortalezas y debilidades de los procesos de una PyME desarrolladora de software se propone un cuestionario que consta de dos fases. El cuestionario usa preguntas cerradas y limita el número de respuestas a 7. Ese límite está organizado de la siguiente manera [García, 2007]:

- Cinco respuestas de nivel de desempeño: *Siempre, Usualmente, A veces, Rara vez y Nunca*. Estas permitirán conocer la extensión en la cual cada práctica es ejecutada.
- Dos respuestas de validez: *No sé y No aplica*. Estas serán usadas para evaluar la validación de las preguntas, para validar la corrección de las preguntas y para verificar la sintaxis de las preguntas.

- Un espacio de información adicional para *Comentarios* permitirá extraer información suplementaria. Es obligatorio escribir algunos comentarios cuando sea seleccionada la respuesta de validez No aplica.

Cada respuesta tiene una única interpretación e indica el nivel de desempeño de los procesos de gestión de proyectos como se describe en la Tabla 13.

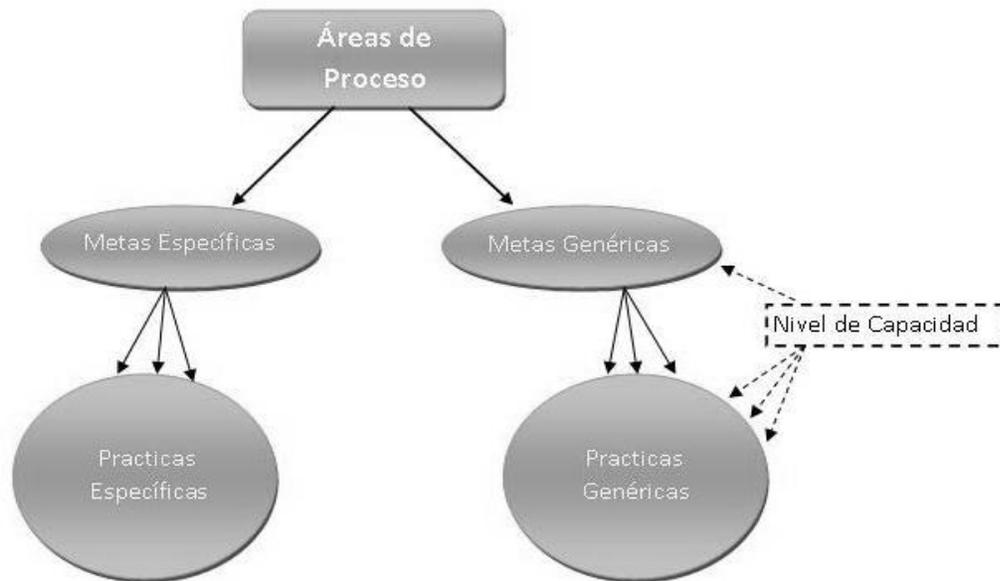
**Introducción**

SysProVal es una herramienta de evaluación y mejora de procesos, está basada en las prácticas efectivas del Modelo de Madurez y Capacidad Integrado para el Desarrollo v.1.2 (CMMI-DEV v1.2) y se limita a evaluar los procesos del Nivel 2. Es decir, el mecanismo de evaluación y mejora se asegurará que la empresa institucionalice un proceso gestionado.

EL CMMI-DEV es una colección de prácticas efectivas que se originó del marco de trabajo de los modelos CMMI y su propósito es ayudar a las empresas a mejorar sus procesos para el desarrollo de sus productos y servicios. Las áreas de proceso con las que cuenta el CMMI-DEV v1.2 en el Nivel 2 son las siguientes:

- 1.-Gestión de Requisitos.
- 2.-Planificación de Proyectos.
- 3.-Control y Supervisión del proyecto.
- 4.-Gestión de Acuerdos con Proveedores.
- 5.-Gestión de la Configuración.
- 6.-Asegurar la Calidad del Proceso y del Producto.
- 7.-Medición y Análisis.

El mecanismo de evaluación y mejora está diseñado para cubrir las necesidades de las pequeñas y medianas empresas desarrolladoras de software. Las evaluaciones se han dividido en dos fases: la primera está vinculada a la implementación de las **prácticas específicas**, mientras que la segunda está vinculada a la implementación de las **prácticas genéricas**.



**Figura 3.4.** Importancia de la capacitación en las evaluaciones de SysProVal

**Tabla 13.** Clasificación del nivel de desempeño de la escala de SysProVal.

Respuesta	Nivel de desempeño	Descripción
<i>Siempre</i>	4	La actividad es documentada y establecida en la organización. Es siempre realizada, entre 76 y 100% de las veces en los proyectos software de la organización.
<i>Usualmente</i>	3	La actividad es establecida en la organización pero raramente documentada. Es usualmente realizada, entre 51 y 75% de las veces en los

Respuesta	Nivel de desempeño	Descripción
		proyectos software de la organización.
<i>A veces</i>	2	La actividad es pobremente establecida en la organización. Es realizada a veces, entre 26 y 50% de las veces en los proyectos software de la organización.
<i>Rara vez</i>	1	La actividad es raramente ejecutada en la organización. Es raramente realizada, entre 1 y 25% de las veces en los proyectos software de la organización.
<i>Nunca</i>	0	La actividad no es ejecutada en la organización. Ninguna persona o grupo ejecuta la actividad en la organización.
<i>No sé</i>		La persona no está segura de cómo responder la pregunta.
<i>No aplica</i>		La pregunta no es aplicable en la organización.
<i>Comentarios</i>		Este espacio es para aclarar o modificar la respuesta a la pregunta, es obligatorio cuando se selecciona no aplica.

El nivel de desempeño de la respuesta determina el porcentaje con el cual cada práctica es ejecutada. Este varía de “Nunca” con un valor igual a 0, “Rara vez” con un valor de 1, “A veces” con un valor de 2, “Usualmente” con un valor de 3, y “Siempre” con un valor de 4. La validez de la repuesta no tiene un valor numérico. Asignando un peso específico a cada respuesta, el mecanismo permite analizar fácilmente los resultados de la evaluación e identificar que prácticas son comunes dentro de la organización y cuáles no son ejecutadas del todo.

El cuestionario propuesto está basado en dos arquetipos de prácticas establecidas por el modelo CMMI-DEV y está dividido en dos fases. La primera fase está relacionada con las prácticas específicas, mientras que la segunda fase está relacionada con las prácticas genéricas. La primera fase está dirigida a los empleados que implementan el proceso y está basada en las prácticas específicas de los procesos del Nivel 2 del modelo CMMI-DEV (véase Tabla 14).

**Tabla 14.** Ejemplos de preguntas formuladas bajo el mecanismo de dos fases para la Planificación del Proyecto.

*El propósito de la planificación del proyecto es establecer y mantener los planes que definan las actividades del proyecto.*

I. Estimar el alcance del proyecto.

1. ¿Se desarrolla una ESTRUCTURA DE TAREAS que proporcione un esquema del trabajo en el proyecto?	Siempre <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	Algunas Veces <input type="checkbox"/>	Rara Vez <input type="checkbox"/>	Nunca <input type="checkbox"/>	No Sabe <input type="checkbox"/>	No Aplica <input type="checkbox"/>
---	-------------------------------------	--	---	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

Observaciones:

2. ¿Se identifica a las tareas del proyecto con el suficiente detalle para especificar las estimaciones, responsabilidades y calendario del proyecto?	Siempre <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	Algunas Veces <input type="checkbox"/>	Rara Vez <input type="checkbox"/>	Nunca <input type="checkbox"/>	No Sabe <input type="checkbox"/>	No Aplica <input type="checkbox"/>
---	-------------------------------------	--	---	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

Observaciones:

3. ¿Se identifican los productos que serán adquiridos externamente?	Siempre <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	Algunas Veces <input type="checkbox"/>	Rara Vez <input type="checkbox"/>	Nunca <input type="checkbox"/>	No Sabe <input type="checkbox"/>	No Aplica <input type="checkbox"/>
---	-------------------------------------	--	---	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

Observaciones:

4. ¿Se identifican los productos que serán reutilizados?	Siempre <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	Algunas Veces <input type="checkbox"/>	Rara Vez <input type="checkbox"/>	Nunca <input type="checkbox"/>	No Sabe <input type="checkbox"/>	No Aplica <input type="checkbox"/>
--	-------------------------------------	--	---	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

Observaciones:

II. Establecer estimaciones del producto del trabajo y de los atributos de las tareas

1. ¿Se determina la aproximación técnica del proyecto?	Siempre	Usualmente	Algunas Veces	Rara Vez	Nunca	No Sabe	No Aplica
	<input type="checkbox"/>						

Observaciones:

2. ¿Se utilizan métodos apropiados para estimar los recursos necesarios?	Siempre	Usualmente	Algunas Veces	Rara Vez	Nunca	No Sabe	No Aplica
	<input type="checkbox"/>						

Observaciones:

3. ¿Se realiza una estimación de los productos y tareas?	Siempre	Usualmente	Algunas Veces	Rara Vez	Nunca	No Sabe	No Aplica
	<input type="checkbox"/>						

Observaciones:

III. Definir el ciclo de vida del proyecto

1. ¿Se definen las fases del ciclo de vida del proyecto?	Siempre	Usualmente	Algunas Veces	Rara Vez	Nunca	No Sabe	No Aplica
	<input type="checkbox"/>						

Observaciones:

IV. Determinar estimaciones de costo y esfuerzo

1. ¿Se recopilan los modelos o datos históricos que serán utilizados para transformar las características de los productos y tareas del trabajo en estimaciones de tiempo y costo?	Siempre	Usualmente	Algunas Veces	Rara Vez	Nunca	No Sabe	No Aplica
	<input type="checkbox"/>						

Observaciones:

2. ¿Se incluyen las necesidades de infraestructura de soporte al estimar esfuerzo y costo?	Siempre	Usualmente	Algunas Veces	Rara Vez	Nunca	No Sabe	No Aplica
	<input type="checkbox"/>						

Observaciones:

3. ¿Se estiman esfuerzo y costo usando modelos y/o datos históricos?	Siempre	Usualmente	Algunas Veces	Rara Vez	Nunca	No Sabe	No Aplica
	<input type="checkbox"/>						

Observaciones:

De acuerdo a la Tabla 14, el mecanismo es programado para que, durante la evaluación, se muestre el objetivo del área de proceso y se evalué cada práctica específica del área (de acuerdo al CMMI-DEV) que se encuentra numerado fuera del área de preguntas. A diferencia de otros modelos, el mecanismo de evaluación de SysProVal distribuye la posibilidad de respuesta en siete opciones.

La primera fase del cuestionario está dividida en siete áreas de proceso que deben realizarse para alcanzar un proceso eficiente para la Gestión de los Proyectos (véase Figura 3.5) [García, 2007]:

- *Planificación del proyecto:* el propósito de la planificación del proyecto es establecer y mantener los planes que definen las actividades del proyecto.

- *Supervisión y control del proyecto:* el propósito de la supervisión y control del proyecto es proporcionar el conocimiento del avance del proyecto para que puedan establecerse acciones correctivas apropiadas cuando el desempeño del proyecto se desvíe significativamente del plan.
- *Gestión de requisitos:* el propósito de la gestión de requisitos es dirigir los requisitos del proyecto y de los productos e identificar inconsistencias entre los requisitos, planes de proyecto y productos de trabajo.
- *Gestión de configuración:* el propósito de la gestión de configuración es establecer y mantener la integridad de los productos de trabajo usando una identificación de la configuración, un control de la configuración, un registro del estado de configuración y una auditoría de configuración.
- *Aseguramiento de la calidad del proceso y del producto:* el propósito del aseguramiento de la calidad del proceso y del producto, es proporcionar al personal y la dirección una habilidad objetiva respecto a procesos y productos de trabajo asociados.
- *Gestión de acuerdos con el proveedor:* el propósito de la gestión de acuerdos con el proveedor es manejar la adquisición de los productos con los proveedores.
- *Medición y análisis:* el propósito de la medición y análisis es desarrollar y mantener una capacidad de medición para apoyar las necesidades de información de la dirección.

Este trabajo de tesis se centra principalmente en las áreas de proceso que tienen que ver con la Gestión de los Proyectos, ya que, tal y como se justificó en el Capítulo 1, actualmente se siguen presentando fallos por una inadecuada gestión de los proyectos software.

Las prácticas de la Gestión de los Proyectos cubren las actividades relacionadas a planear, supervisar y controlar el proyecto. Las causas comunes del fracaso de los proyectos pueden ser mapeadas en áreas de proceso del Nivel 2 de CMMI-DEV. Éstas áreas de proceso fueron incluidas en el cuestionario de evaluación con el objetivo de cubrir todas las causas de fallo y proporcionar un resultado de evaluación para mejorar prácticas deficientes (véase Tabla 15).

**Tabla 15.** Mapeo de las causas de fallo de proyectos con las áreas de proceso.

Causa	Área de proceso del modelo CMMI-DEV v1.2
Los proyectos software son cancelados o exceden el tiempo previsto	Planificación del proyecto.
Los proyectos software son abandonados o sus costos son excesivos	Planificación del proyecto/Supervisión y control del proyecto.
Los proyectos software fallan dada su baja calidad	Aseguramiento de la calidad del proceso y del producto.
La pobre comunicación del estado del proyecto y falta de información histórica	Supervisión y control de proyecto/Gestión de acuerdos con el proveedor.
El software no cubre todos los requisitos para el cual fue creado	Gestión de requisitos.
El software debe ser modificado frecuentemente y es difícil mantener	Gestión de la configuración.

La segunda fase del cuestionario está dirigida a la alta dirección que incluye a: directores, directores de sistema, jefes de proyectos software o líderes de equipo; y está basada en las prácticas genéricas de los procesos del Nivel 2 del modelo CMMI-DEV. Esta fase está dividida en diez

prácticas genéricas comunes a las siete áreas de proceso y que serán ejecutadas para determinar si un proceso es institucionalizado como un proceso gestionado [García, 2007]. Un proceso gestionado es planeado y ejecutado de acuerdo con las políticas establecidas, emplea personal capacitado quienes cuentan con los recursos adecuados, es supervisado, controlado y revisado, además se asegura que existan prácticas que sean retenidas durante tiempos de estrés (véase Tabla 16).

**Tabla 16.** Preguntas formuladas bajo el mecanismo de dos fases para asegurar la institucionalización del proceso.

1. ¿Se establece y mantiene una política organizacional para la planificación de los procesos y para la ejecución de los procesos planificados?	Sí <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	Algunas Veces <input type="checkbox"/>	Rara Vez <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	No Sabe <input type="checkbox"/>	No Aplica <input type="checkbox"/>
---	--------------------------------	--	---	--------------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

Observaciones:

2. ¿Se establece y mantiene el plan para la ejecución de los procesos planificados en el proyecto?	Sí <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	Algunas Veces <input type="checkbox"/>	Rara Vez <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	No Sabe <input type="checkbox"/>	No Aplica <input type="checkbox"/>
--	--------------------------------	--	---	--------------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

Observaciones:

3. ¿Se proveen los recursos adecuados para la ejecución de los procesos planificados, desarrollando los productos y proveyendo los servicios del proceso?	Sí <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	Algunas Veces <input type="checkbox"/>	Rara Vez <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	No Sabe <input type="checkbox"/>	No Aplica <input type="checkbox"/>
---	--------------------------------	--	---	--------------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

Observaciones:

4. ¿Se asignan las responsabilidades y autoridades para la ejecución de los procesos, desarrollando los productos y proveyendo los servicios del proceso planificado?	Sí <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	Algunas Veces <input type="checkbox"/>	Rara Vez <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	No Sabe <input type="checkbox"/>	No Aplica <input type="checkbox"/>
---	--------------------------------	--	---	--------------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

Observaciones:

5. ¿Se entrena a las personas que van a ejecutar o apoyar los procesos planificados, según es necesario?	Sí <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	Algunas Veces <input type="checkbox"/>	Rara Vez <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	No Sabe <input type="checkbox"/>	No Aplica <input type="checkbox"/>
--	--------------------------------	--	---	--------------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

Observaciones:

6. ¿Se ubican los productos de trabajo designados de los procesos planificados bajo los niveles apropiados de Gestión de la Configuración?	Sí <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	Algunas Veces <input type="checkbox"/>	Rara Vez <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	No Sabe <input type="checkbox"/>	No Aplica <input type="checkbox"/>
--	--------------------------------	--	---	--------------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

Observaciones:

7. ¿Se identifican e involucran los participantes relevantes en los procesos planificados, según el plan establecido?	Sí <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	Algunas Veces <input type="checkbox"/>	Rara Vez <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	No Sabe <input type="checkbox"/>	No Aplica <input type="checkbox"/>
---	--------------------------------	--	---	--------------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

Observaciones:

8. ¿Se monitorean y controlan los procesos planificados contra el plan establecido para la ejecución de los mismos, y se toman las acciones correctivas necesarias?	Sí <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	Algunas Veces <input type="checkbox"/>	Rara Vez <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	No Sabe <input type="checkbox"/>	No Aplica <input type="checkbox"/>
---	--------------------------------	--	---	--------------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

Observaciones:

9. ¿Se evalúa objetivamente la adherencia de los procesos planificados del proyecto contra su descripción, estándares y procedimientos, y se ubican sus incumplimientos?	Sí <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	Algunas Veces <input type="checkbox"/>	Rara Vez <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	No Sabe <input type="checkbox"/>	No Aplica <input type="checkbox"/>
--	--------------------------------	--	---	--------------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

Observaciones:

10. ¿Se revisan las actividades, estados y resultados de los procesos planificados con la gerencia de más alto nivel y se resuelven las diferentes situaciones relacionadas?	Sí <input type="checkbox"/>	Usualmente <input type="checkbox"/>	Algunas Veces <input type="checkbox"/>	Rara Vez <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	No Sabe <input type="checkbox"/>	No Aplica <input type="checkbox"/>
--	--------------------------------	--	---	--------------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

Observaciones:

Para determinar si un proceso es institucionalizado es necesario ejecutar las siguientes actividades:

- *Adherirlo a las políticas de la organización:* definir las expectativas organizativas para el proceso y difundirlas para aquellos en la organización quienes son afectados.
- *Seguir un plan documentado del proyecto:* preparar un plan para ejecutar el proceso, una descripción del proceso y obtener el acuerdo en el plan con los implicados relevantes.
- *Asignar los recursos adecuados:* asegurar que los recursos (financiamiento, instalaciones físicas, personas capacitadas, herramientas) para ejecutar el proceso estén disponibles cuando se necesiten.
- *Asignar responsabilidad y autoridad:* asegurar que las personas entienden y acepten sus responsabilidades y autoridad para ejecutar las tareas del proceso.
- *Entrenar a las personas involucradas:* asegurar que las personas tengan las capacidades necesarias y experiencia para ejecutar el proceso.
- *Colocar bajo control de versión o gestión de configuración:* establecer y mantener la integridad de los productos de trabajo del proceso durante toda su vida útil.
- *Involucrar a las personas afectadas:* establecer y mantener el involucramiento esperado de los implicados relevantes durante la ejecución del proceso.
- *Supervisar y controlar el proceso:* ejecutar la supervisión y control del proceso midiendo el desempeño actual del proceso y productos de trabajo contra lo planeado, revisando los resultados y evaluando las desviaciones significativas.
- *Asegurar que el proceso cumple con los estándares especificados:* proporcionar la seguridad de que el proceso es implementado como se planeó y se adhiere a su descripción de proceso, estándares y procedimientos.

- *Revisar el estado con la alta dirección:* proporcionar a la alta dirección mayor visibilidad sobre el estado que guarda el proceso.

El análisis de todas las respuestas de ambas fases del cuestionario permite que el mecanismo propuesto determine las prácticas que han sido cubiertas por el equipo de desarrollo software y que han sido difundidas en toda la organización como un proceso institucionalizado. Así mismo, este análisis puede ayudar a identificar otros problemas relacionados con la combinación de las dos fases de este cuestionario.

El mecanismo de evaluación propuesto fue implementado en la herramienta Web SysProVal, que permite determinar el nivel de cobertura del modelo CMMI-DEV por área de proceso. Las evaluaciones se realizan a nivel directivo (jefe de proyecto, jefe de sistemas, y demás) para posteriormente mostrar los cuestionarios exclusivos para cada una de las personas designadas por la empresa.

El directivo responsable de la evaluación de los procesos software de una PyME será la persona indicada para definir qué líder de proyecto se evaluará en cada una de las áreas de proceso del Nivel 2 de CMMI-DEV y lo hará a través de la interfaz de la herramienta SysProVal (véase Figura 3.5). Puesto que una iniciativa SPI requiere de personal de tiempo completo para implantarla, elemento escaso en una PyME, recomendamos que por lo menos se denomine una persona para esta tarea, específicamente un profesionalista.

Asignación de áreas de proceso a evaluar	
Gestión de Requisitos.	aranza
Planificación de Proyectos.	-Seleccione-
Control y Supervisión del proyecto.	-Seleccione-
Gestión de Acuerdos con Proveedores.	pavel sumano ortega
Gestión de la Configuración.	-Seleccione-
Asegurar la Calidad del Proceso y del Producto.	-Seleccione-
Medición y Análisis.	pavel sumano ortega

Actualizar

**Figura 3.5.** Interfaz de especificación de las áreas de proceso a evaluar para una PyME

Una vez realizada la designación de áreas de proceso, cada líder de proyecto será evaluado a través de cuestionarios para prácticas específicas y genéricas visualizados en la herramienta Web (véase Figura 3.6). En esta fase se está estableciendo el compromiso de la parte directiva, compromiso que la parte operativa deberá acatar e implementar.

**Módulo 1.-Obtener la comprensión de los Requisitos con los proveedores de estos.**

¿Se establecen criterios para distinguir a los proveedores de requisitos?  
 Siempre     Usualmente     A veces     Rara vez     Nunca     No sé     No aplica  
 Comentarios:

¿Se establecen criterios para la evaluación y aceptación de los requisitos?  
 Siempre     Usualmente     A veces     Rara vez     Nunca     No sé     No aplica  
 Comentarios:

¿Se analizan los requisitos para asegurar que los criterios establecidos son alcanzados?  
 Siempre     Usualmente     A veces     Rara vez     Nunca     No sé     No aplica  
 Comentarios:

¿Se alcanza la comprensión de los requisitos con sus proveedores, de tal forma que los participantes del proyecto se puedan comprometer con estos?  
 Siempre     Usualmente     A veces     Rara vez     Nunca     No sé     No aplica  
 Comentarios:

**Figura 3.6.** Ejemplo de cuestionario para evaluar prácticas específicas y genéricas

Cada pregunta del cuestionario representa una práctica o subpráctica de un área de proceso. La respuesta a la pregunta representa el nivel de desempeño con el cual cada práctica o subpráctica es ejecutada y varía en una escala “*Nunca*” con un valor igual a 0, “*Rara vez*” con un valor de 1, “*A veces*” con un valor de 2, “*Usualmente*” con un valor de 3, y “*Siempre*” con un valor de 4. Respuestas “*No sé*” o “*No aplica*” no tienen un valor numérico y se utilizan para evaluar la validación de las preguntas.

Para el caso de las prácticas específicas. Los cuestionarios se componen de una o más preguntas por práctica específica. Por lo tanto, para conocer el nivel de desempeño de la práctica se obtiene un promedio utilizando la Ecuación 3.1.

$$x = \frac{\Sigma(r) \times 100}{n \times 4} \quad \text{Ec. 3.1}$$

donde:

- $x$  es el valor promedio de desempeño en porcentaje para una práctica específica en particular.
- $r$  es el valor de desempeño contestado para una pregunta en particular.
- $n$  es el número de preguntas para una práctica específica en particular.

Para el caso de las prácticas genéricas, los cuestionarios se componen de diez preguntas que se corresponden con las diez prácticas genéricas del Nivel 2 del modelo CMMI-DEV v 1.2 y que son comunes para todas las áreas de proceso. Para las prácticas genéricas como sólo tienen una pregunta por práctica, su valor de desempeño en porcentaje se obtiene utilizando la Ecuación 3.2.

$$x = \frac{r \times 100}{4} \quad \text{Ec. 3.2}$$

donde:

- $x$  es el valor de desempeño en porcentaje para una práctica genérica en particular.
- $r$  es el valor de desempeño contestado para una pregunta en particular.

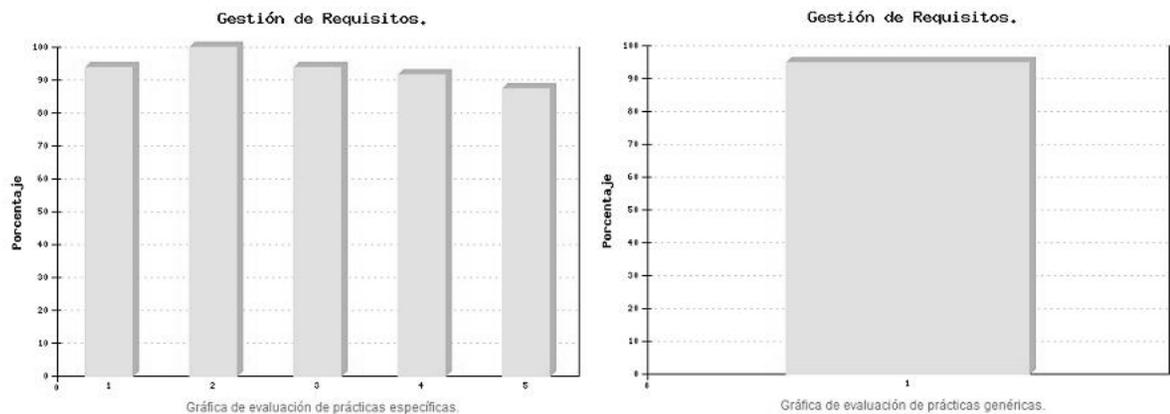
Una vez obtenidos los niveles de desempeño por práctica genérica, se obtiene un promedio de las diez prácticas utilizando la Ecuación 3.3.

$$y_2 = \frac{\Sigma(x)}{10} \quad \text{Ec. 3.3}$$

donde:

- $y_2$  es el promedio de desempeño alcanzado para las prácticas genéricas.
- $x$  es el nivel de desempeño para una práctica genérica en particular.

Los niveles de desempeño obtenidos para las prácticas de un área de proceso en particular son visualizados en la herramienta SysProVal como resultado del área y se muestran en forma gráfica, dónde el eje x representa las prácticas y el eje y representa el nivel de desempeño obtenido. Para el resultado de las prácticas específicas se muestra el nivel obtenido por práctica, mientras que para las prácticas genéricas el resultado se muestra como el promedio de las diez prácticas genéricas para el área de proceso evaluada (véase Figura 3.7).



**Figura 3.7.** Ejemplo de resultado obtenido para un área de proceso

Para obtener el resultado sobre la evaluación del proceso software de la empresa se calculan los promedios por área de proceso tanto para prácticas específicas como para prácticas genéricas. Para prácticas específicas, se obtiene el promedio de los niveles de desempeño obtenidos en las prácticas específicas del área en particular utilizando la Ecuación 3.4.

$$y_1 = \frac{\Sigma(x)}{n} \quad \text{Ec. 3.4}$$

donde:

- $y_l$  es el nivel de desempeño promedio del área de proceso para prácticas específicas.
- $x$  es el nivel de desempeño de cada práctica específica de un área de proceso.
- $n$  es el número de prácticas específicas de un área de proceso.

Para prácticas genéricas, se obtiene el promedio de los niveles de desempeño obtenidos en las prácticas genéricas del área en particular utilizando la Ecuación 3.3.

El porcentaje de cobertura alcanzado en la evaluación con respecto al Nivel 2 del modelo CMMI-DEV v1.2 es calculado para prácticas específicas y genéricas utilizando la Ecuación 3.5.

$$y_3 = \frac{\Sigma(y)}{7} \quad \text{Ec. 3.5}$$

donde:

- $y_3$  es el porcentaje de cobertura alcanzado con respecto al Nivel 2 del modelo CMMI-DEV v1.2.
- $y$  es el nivel de desempeño obtenido en cada área de proceso.
- El número 7 representa el número de áreas de proceso del Nivel 2 del CMMI-DEV.

El resultado de la evaluación del proceso software para una empresa se muestra en formas tabulares y gráficas a través de la herramienta SysProval. Los resultados de evaluación son mostrados por área de proceso para prácticas específicas y para prácticas genéricas, este resultado expresa el nivel de cobertura alcanzado para cada área. Además se muestra el nivel de cobertura alcanzado para el Nivel 2 del modelo CMMI-DEV v1.2. En la forma gráfica, el eje x representa al área de proceso y el eje y representa el nivel de cobertura alcanzado para cada área de proceso (véase Tabla 17 y Figura 3.8).

**Tabla 17.** Ejemplo tabular de resultado de la evaluación del proceso software para una empresa.

Área	Empleado	% Específicas	% Genéricas
Gestión de Requisitos.	Aranza	87.5	95
Gestión de Acuerdos con Proveedores	Pavel Sumano Ortega	75	75
% de cobertura del Nivel 2 de CMMI-DEV		20.31	24.29

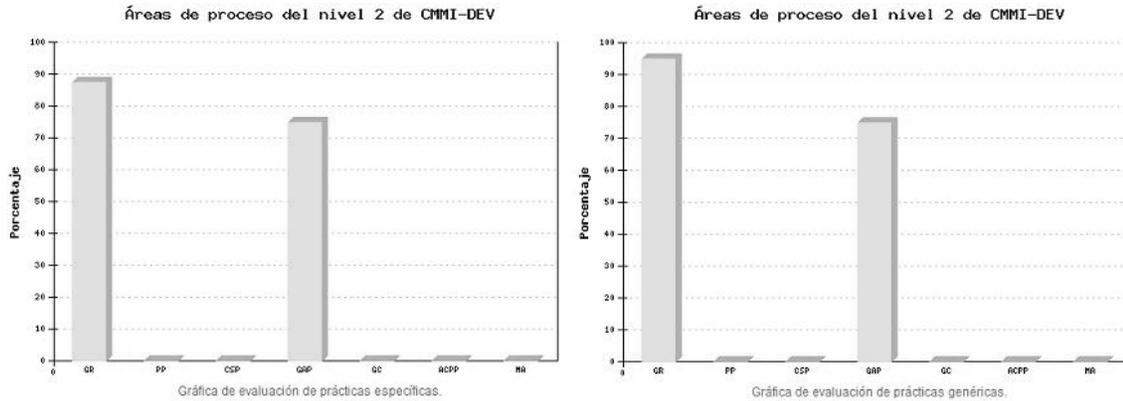


Figura 3.8. Ejemplo sobre el nivel de madurez obtenido para una empresa

El porcentaje obtenido en un área de proceso en particular podría ser mapeado al nivel de capacidad para dicha área, mientras que el porcentaje de cobertura del Nivel 2 de CMMI-DEV alcanzado podría ser mapeado al nivel de madurez del proceso software de la empresa evaluada.

### 3.4. Diseño del Mecanismo de Generación de Planes de Acción

Para recomendar acciones de mejora al proceso software de una PyME desarrolladora de software se propone un mecanismo de análisis y una plantilla de plan de acción aplicable a los dos tipos de resultados del mecanismo de evaluación, para prácticas específicas y para prácticas genéricas.

El análisis de las respuestas obtenidas en las dos fases del cuestionario nos permite determinar las prácticas que no han sido cubiertas por el equipo de software y las que han sido difundidas en toda la organización como un proceso institucionalizado. Así mismo este análisis puede ayudarnos a identificar las prácticas que aún no han sido implementadas y las prácticas que necesitan mejorarse para difundirlas a través de la organización. La solución propuesta se centra en proporcionar recomendaciones que se basan en las prácticas del Nivel 2 del modelo CMMI-DEV v1.2 para aquellas prácticas que aún no han sido implementadas o que necesitan mejorarse en cada una de las áreas de proceso evaluadas.

El mecanismo de análisis se centra principalmente en los resultados obtenidos en las prácticas en lugar del resultado del área de proceso. Esto permitirá identificar fácilmente aquellas prácticas que no han sido cubiertas o que necesitan mejorarse. Una vez concentrados los resultados de las prácticas, se procede a identificar el impacto basándonos en las recomendaciones para caracterización de las prácticas específicas y genéricas del modelo de evaluación SCAMPI, que sugiere usar los colores rojo, amarillo y verde (véase Tabla 18) [Hayes, 2005].

Tabla 18. Recomendaciones para caracterizar las prácticas específicas y genéricas.

Etiqueta	Significado
Rojo	El propósito de la práctica es considerado ausente o pobremente dirigido e impide el logro de la meta.
Amarillo	El propósito de la práctica es considerado como dirigido parcialmente; se identifican algunas brechas o problemas que pueden amenazar al logro de la meta.
Verde	El propósito de la práctica es considerado como adecuadamente dirigido y respalda el logro de la meta.
Fuera de alcance	La evaluación no obtuvo datos para caracterizar la práctica.

Para analizar fácilmente los niveles de desempeño obtenidos en las prácticas específicas y genéricas se propone relacionar los colores con valores numéricos, quedando establecidos como se muestra en la Tabla 19.

**Tabla 19.** Caracterización de los niveles de desempeño por práctica.

Color	Nivel de desempeño (%)	Significado
Rojo	0% - 30%	El propósito de la práctica es considerado ausente o pobremente dirigido y no permite el logro de la meta.
Amarillo	31% - 60%	El propósito de la práctica es considerado como dirigido parcialmente; se identifican algunas brechas o problemas que pueden amenazar al logro de la meta.
Verde	61% - 100%	El propósito de la práctica es considerado como adecuadamente dirigido y respalda el logro de la meta.

Conociendo el nivel de desempeño de cada práctica, se separan las prácticas evaluadas entre 0% y 60% ya que son las que impactan negativamente para el logro de la meta y por lo tanto hacia ellas se focalizan las recomendaciones de mejora. Para un caso con valores de desempeño de 87.5%, 50%, 75%, 66.6% y 56.25% para las prácticas específicas del área de proceso Gestión de Requisitos, por ejemplo; se observa que dos prácticas amenazan el logro de la meta a la que pertenecen (véase Tabla 20).

**Tabla 20.** Ejemplo del nivel de desempeño en las prácticas de un área de proceso en particular evaluada en SysProVal.

Práctica	Valor de desempeño (%)	Impacto (color)
A	87.5	Verde
B	50	Amarillo
C	75	Verde
D	66.6	Verde
E	56.25	Amarillo

Siguiendo con el mismo ejemplo, el mecanismo propuesto separa las prácticas B y E, ya que tienen un nivel de desempeño del 50% y 56.25%, respectivamente. Una vez realizada la separación, se procede con la revisión de los resultados de las subprácticas que componen cada práctica evaluada con un nivel de desempeño menor a 60%.

La revisión de las subprácticas consiste en identificar aquellas que están afectando de manera significativa al resultado obtenido para la práctica. Para tal efecto se revisarán las respuestas de las subprácticas almacenadas en la base de datos. Si la respuesta es “A veces”, “Rara vez” o “Nunca” incide en el bajo nivel de desempeño de la práctica y por lo tanto esa subpráctica es candidata para considerarla como objetivo para la mejora. En ese sentido, se revisan los cuestionarios de tal manera que si todas las subprácticas fueron evaluadas con un valor de desempeño bajo se establece un solo objetivo de mejora para la práctica, de lo contrario si algunas subprácticas fueron evaluadas con un nivel de desempeño bajo e inciden en el desempeño de la práctica se establecen varios objetivos de mejora.

Siguiendo con el ejemplo anterior, las prácticas B y E tienen un desempeño menor a 60%. Si revisamos las respuestas a las subprácticas observamos que todas las respuestas a las subprácticas de la práctica B inciden en su bajo desempeño, por lo tanto se establecerá un solo objetivo para la práctica. Mientras que en las respuestas a las subprácticas de la práctica E se observa que las

respuestas a la segunda y tercera subpráctica inciden en el bajo desempeño de la práctica, por lo tanto se establecerán varios objetivos de mejora para dicha práctica (véase Tabla 21).

**Tabla 21.** Ejemplo del nivel de desempeño en las subprácticas.

Práctica	Subpráctica	Respuesta
B	B1	A veces
B	B2	A veces
E	E1	Usualmente
E	E2	Rara vez
E	E3	Rara vez
E	E4	Siempre

Para el caso del cuestionario de prácticas genéricas se establece un solo objetivo de mejora para cada práctica evaluada entre 0% y 60% ya que sólo se aplica una pregunta por práctica. El mecanismo de análisis de los niveles de desempeño de las prácticas específicas y genéricas se implementó también en la herramienta SysProVal y es activado cuando los resultados por práctica están en el rango de 0 a 60%. Una vez que el análisis es realizado, la herramienta genera planes de acción a partir de una plantilla genérica.

### 3.4.1. Estructura de los planes de acción

Se proponen planes de acción de dos tipos, para prácticas específicas y para prácticas genéricas, los cuáles son generados por área de proceso y presentados a los líderes de proyecto y al directivo a través de la herramienta Web. La propuesta está basada en dos tipos de prácticas establecidas por el modelo CMMI-DEV, por lo que se recomiendan planes de acción relacionados con las prácticas específicas, y planes de acción relacionados con las prácticas genéricas. Los primeros están dirigidos a los empleados que implementan el proceso y los segundos están dirigidos a líderes de proyecto que dirigen los procesos de gestión de proyectos.

Para el caso de prácticas específicas, una vez identificadas las subprácticas que inciden en el bajo nivel de desempeño obtenido para la práctica, se procede a desarrollar un plan de acción con los apartados propuestos y descritos en la Tabla 22.

**Tabla 22.** Apartados del plan de acción para prácticas específicas.

Apartado	Descripción
Encabezado	Especifica el nombre del área de proceso para la que se presenta el plan, nombre de la empresa, nombre de la persona evaluada y la descripción de su puesto actual.
Objetivos	Especifica las finalidades de llevar a cabo el plan de acción y representan los alcances de la mejora planteada.
Áreas de proceso relacionadas	Lista los nombres de las áreas de proceso que apoyan la ejecución de las actividades del plan.
Responsable	Denota el rol del responsable de llevar a cabo el plan.
Participantes	Lista los nombres de los roles, colaboradores en las actividades del plan.
Tareas	Describe las actividades que se deben ejecutar para alcanzar los objetivos del plan.
Productos	Lista los productos que se deben generar como resultado de la ejecución de las tareas.

La importancia de especificar los nombres del área del proceso, empresa y empleado como encabezado radica en identificar correctamente las evaluaciones realizadas a través de la herramienta SysProVal, permitiendo mostrar la información sólo a los usuarios autorizados.

La determinación de los objetivos de mejora surge a partir de la identificación de las subprácticas que inciden en el bajo nivel de desempeño de la práctica (aquellas contestadas con respuestas “A veces”, “Rara vez” o “Nunca”). Para las subprácticas identificadas se determinan objetivos de mejora. Cuando la mayoría de subprácticas inciden en el bajo nivel de desempeño, se determina un sólo objetivo para la práctica al igual que cuando la práctica no contiene subprácticas. Los objetivos fueron interpretados del propósito de las prácticas y subprácticas del modelo CMMI-DEV v1.2.

Cuando se tiene una práctica con nivel de desempeño entre 0% y 60% se determinan sus objetivos de mejora (al menos uno), dependiendo si todas las respuestas de sus subprácticas inciden en el bajo desempeño o sólo algunas subprácticas están afectando el resultado. La herramienta SysProVal asiste este proceso a través del mecanismo de análisis implementado en ella y que se detalla en párrafos anteriores.

La especificación de objetivos es primordial para que las personas involucradas conozcan el alcance del plan. Las áreas de proceso relacionadas se extraen de la base de datos y se listan en el plan para que sirvan de referencia para el responsable y colaboradores en la ejecución del plan.

Se considera importante incluir referencias a otras áreas de proceso en el plan de acción con el propósito de que los involucrados puedan obtener mayor información con respecto a las actividades que especifica el plan.

La notación del rol del responsable ayudará a identificar correctamente quién debe ejecutar el plan. Se especifica el nombre del rol sin atribución a alguna persona, ya que en una PyME una persona puede ejecutar varios roles a la vez, así también para cada proyecto puede existir una persona diferente que ejecute dicho rol. También es importante especificar en el plan el nombre del responsable para ayudar a las PyMEs en la identificación de quién debe ejecutar las tareas del plan.

Los nombres de los que ejecutan los roles colaboradores ayudarán a identificar correctamente quiénes deben apoyar la ejecución del plan. La especificación de los roles colaboradores en el plan ayuda a las PyMEs en la identificación de las personas que deben apoyar la ejecución de las tareas del plan.

La determinación de las tareas se realiza a partir de los objetivos de mejora establecidos para las prácticas evaluadas entre 0% y 60%. Se determinan tareas por práctica. Las tareas representan básicamente las actividades de mejora que se proponen para cubrir las debilidades identificadas en la evaluación de procesos software para un área de proceso en particular. Las recomendaciones de mejora fueron interpretadas de las prácticas del modelo CMMI-DEV v1.2 y adaptadas para PyMEs.

La especificación de tareas en el plan es importante puesto que representan las actividades que se deben ejecutar para alcanzar los objetivos establecidos. Así mismo, representan la iniciativa de mejora de la PyME, por lo que son descritas en forma clara y precisa. Las tareas son extraídas por práctica ya que de esa manera están implementadas en la herramienta SysProVal (véase Tabla 23).

**Tabla 23.** Ejemplo de organización de los elementos de una práctica.

Práctica	Subpráctica	Tareas	Productos
A	1	Tarea 1	Producto 1
	2	Tarea 2	Producto 2

Práctica	Subpráctica	Tareas	Productos
	3	Tarea 3	Producto 3
	4		
B	1	Tarea 1	Producto1
	2	Tarea 2	
		Tarea 3	

La lista de productos se determina a partir de los objetivos de mejora establecidos en el plan y representan los elementos que se deben generar al llevar a cabo las tareas. Se extrae de la base de datos el listado de los productos que se deben generar por cada práctica evaluada entre 0% y 60%. Los productos que se deben obtener al llevar a cabo las tareas fueron interpretados del modelo CMMI-DEV v1.2 del apartado especial denominado productos de trabajo que aparece para cada práctica y que fue implementado en la herramienta SysProVal (véase Tabla 23).

La importancia de especificar el listado de productos en el plan es porque representa el resultado de ejecutar las tareas y porque permitirá validar la ejecución del plan.

Dada la delimitación de este trabajo, enfocada a las fases de diagnóstico y establecimiento del modelo IDEAL, se dejan a un lado las recomendaciones de tiempo, costo y recursos materiales necesarios para ejecutar el plan, centrándonos únicamente en los productos esperados. La plantilla del plan de acción para prácticas específicas se muestra en la Figura 3.9.

<i>Plan de acción de prácticas específicas para el área de proceso</i>	
<i>Nombre de la empresa</i>	
<i>Nombre de la persona evaluada</i>	
<i>Descripción del puesto</i>	
<i>Objetivos</i>	
<i>Áreas de proceso relacionadas</i>	
<i>Responsable</i>	
<i>Participantes</i>	
<i>Tareas</i>	
<i>Productos esperados</i>	

**Figura 3.9.** Plantilla del plan de acción de prácticas específicas para un área de proceso en particular

Para el caso de prácticas genéricas, una vez identificadas las prácticas que inciden en el bajo nivel de desempeño para cada práctica genérica, se procede a desarrollar un plan de acción con los apartados que se describen en la Tabla 24.

**Tabla 24.** Apartados del plan de acción para prácticas genéricas.

<b>Apartado</b>	<b>Descripción</b>
Encabezado	Especifica el nombre del área de proceso para la que se presenta el plan, nombre de la empresa, nombre de la persona evaluada y la descripción de su puesto actual.
Objetivos	Especifica las finalidades de llevar a cabo el plan de acción y representan los alcances de la mejora planteada.
Áreas de proceso relacionadas	Lista los nombres de las áreas de proceso que apoyan la ejecución de las actividades del plan.
Responsable	Lista el nombre del rol, responsable de llevar a cabo el plan.
Participantes	Lista los nombres de los roles, colaboradores en las actividades del plan.
Tareas	Describe las actividades que se deben ejecutar para alcanzar los objetivos del plan.

Una diferencia con el plan de acción para prácticas específicas es que en el plan de acción para prácticas genéricas no existe un apartado para los productos, debido a que el modelo CMMI-DEV v1.2 no lo indica para este tipo de prácticas.

La determinación de los objetivos de mejora para este tipo de plan se hace a partir de la identificación de las prácticas con bajo nivel de desempeño. Los objetivos son interpretados del propósito de las prácticas del modelo CMMI-DEV v1.2. Se incluyen los objetivos para las prácticas del Nivel 1 del modelo CMMI-DEV puesto que para que un área de proceso alcance el Nivel de capacidad 2, es necesario que cubra el Nivel 1.

La determinación de las tareas se realiza a partir de los objetivos de mejora que persigue el plan y se especifican para las prácticas genéricas evaluadas entre 0% y 60%. Las tareas representan básicamente las actividades de mejora que se proponen para cubrir las debilidades identificadas en la evaluación de procesos software para un área de proceso en particular. Las recomendaciones de mejora fueron interpretadas de las prácticas genéricas del modelo CMMI-DEV v1.2. La plantilla del plan de acción para prácticas genéricas se muestra en Figura 3.10.

<i>Plan de acción de prácticas específicas para el área de proceso _____</i>	
<i>Nombre de la empresa</i>	
<i>Nombre de la persona evaluada</i>	
<i>Descripción del puesto</i>	
<i>Objetivos</i>	
<i>Áreas de proceso relacionadas</i>	

<i>Plan de acción de prácticas específicas para el área de proceso</i> _____	
<i>Responsable</i>	
<i>Participantes</i>	
<i>Tareas</i>	

Figura 3.10. Plantilla del plan de acción de prácticas genéricas para un área de proceso en particular

### 3.4.2. Librería de activos

La herramienta Web SysProVal a través de una base de datos almacena los componentes del Nivel 2 del modelo CMMI-DEV v1.2 y los elementos (activos) que resultan de las evaluaciones realizadas a empresas. La base de datos de la herramienta propuesta funciona como una librería de activos almacenando los resultados de la evaluación y las plantillas de planes de acción de las empresas evaluadas y están disponibles sólo para los usuarios autorizados (véase Figura 3.11).

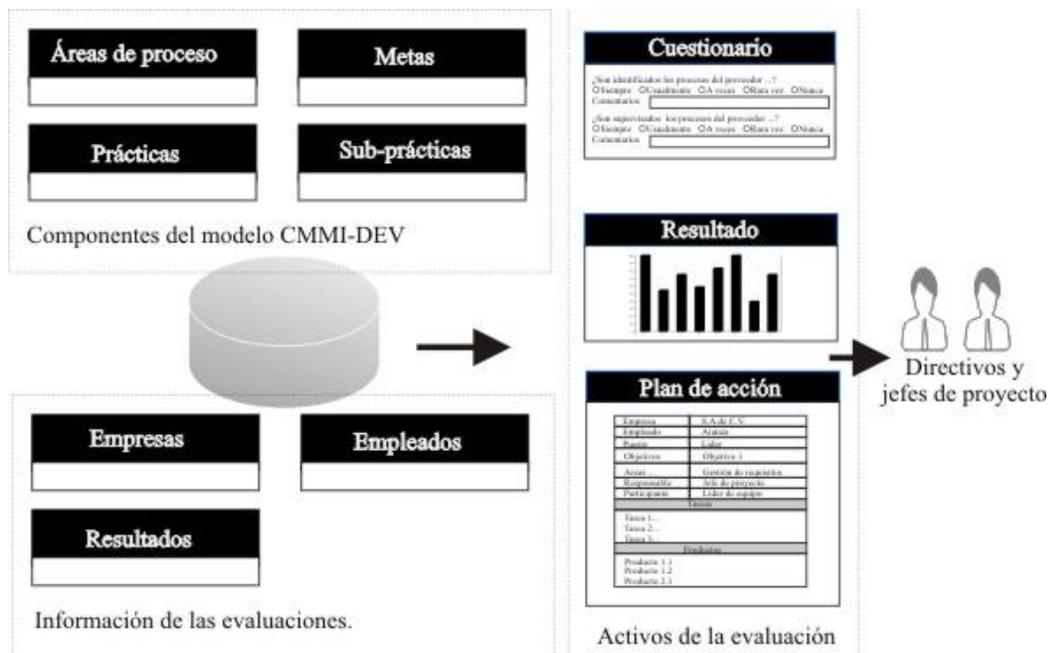


Figura 3.11. Librería de activos de la herramienta SysProVal

Los componentes almacenados en el repositorio son:

- *Áreas de proceso*: las siete áreas de proceso del Nivel 2 del modelo CMMI-DEV v1.2.
- *Metas*: las metas específicas y genéricas organizadas por áreas de proceso.
- *Prácticas*: las prácticas específicas y genéricas organizadas por áreas de proceso.
- *Subprácticas*: subprácticas organizadas por práctica.

La organización eficiente del modelo CMMI-DEV permite generar correctamente los cuestionarios, resultados de evaluaciones y planes de acción, visualizados a través de la herramienta

SysProVal. La información de las evaluaciones almacenada en la base de datos comprende básicamente:

- *Empresas*: datos de las empresas que se están evaluando.
- *Empleados*: los usuarios que se están evaluando organizados por empresa.
- *Resultados*: las respuestas de los cuestionarios que se aplican en una evaluación. Los resultados son identificados por usuario, práctica y fecha de tal forma que se puedan clasificar y contabilizar correctamente las respuestas.

La organización eficiente de las evaluaciones de las PyMEs permite generar correctamente los resultados de evaluación y planes de acción, que serán mostrados únicamente a los usuarios autorizados a través de la herramienta SysProVal.

## 4. Resultados Experimentales

El caso de estudio que se presenta centra sus actividades de mejora del proceso, en las tres primeras fases del modelo IDEAL. Para ello, se utiliza como método de evaluación una versión ajustada del método SCAMPI clase C y las recomendaciones sobre las prácticas específicas y genéricas del modelo CMMI-DEV v1.2 en su Nivel 2 (gestionado), reflejadas en la herramienta producto de esta tesis.

Se invitó a participar a once líderes de proyectos software de diversos sectores. Estos líderes conocen la cultura de la empresa y la forma en que se ejecutan los proyectos de desarrollo software.

Los líderes de proyecto fueron evaluados con un cuestionario dividido en siete áreas de proceso y que fue dividido en dos partes: prácticas específicas y prácticas genéricas. Las respuestas se corresponden con la forma en que trabaja la empresa y principalmente la forma en que administran los proyectos software.

El cuestionario fue aplicado a través de una herramienta en línea (<http://ndikandi.utm.mx/~ps2002130004>) en donde se evaluaron los procesos actuales de las pequeñas empresas software y se proporcionaron recomendaciones de mejora basadas en las prácticas específicas y genéricas del modelo CMMI-DEV v1.2 en su Nivel de Capacidad 2.

Las características de las empresas evaluadas se describen en la Tabla 25.

**Tabla 25.** Características de las empresas evaluadas.

No. de empresas	Actividad	Tamaño de la empresa (No. de empleados)	Personal en SW
3	Soluciones informáticas a la medida	Más de 100	Menos de 100
2	Soluciones informáticas a la medida	Menos de 30	Menos de 30
2	Institución de Gobierno con funciones de TI	Más de 500	Menos de 20
1	Institución Educativa de Nivel Superior con funciones de TI	Menos de 300	Menos de 10
1	Digitalización y credencialización	15	10
2	Equipos de desarrollo independientes	Menos de 5	Menos de 5

La mayoría de las personas evaluadas no tienen familiaridad, ni experiencia previa con CMMI-DEV v1.2. Algunas han escuchado que existe. Sólo dos empresas han participado en evaluaciones y una cuenta con el Nivel 2 de CMMI (véase Tabla 26).

**Tabla 26.** Familiaridad de las empresas con el modelo CMMI-DEV v1.2.

No. de empresas	Familiaridad	Experiencia actual (meses)	Participación en evaluaciones
3	Nunca lo había oído	0	No
4	He oído algo	0	No
2	Lo uso ocasionalmente	12	No
2	Lo uso regularmente	24	Si

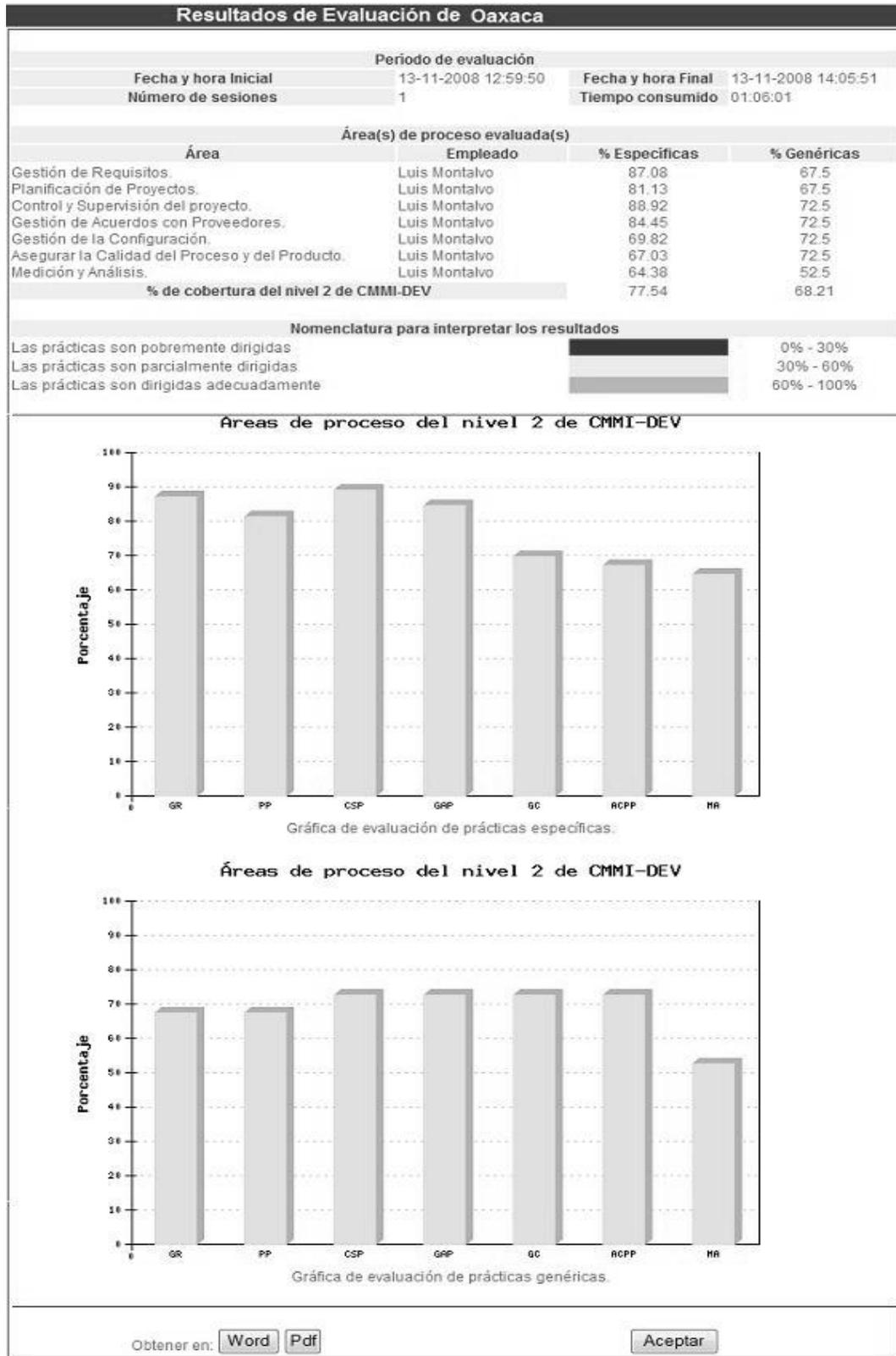
Con la misma herramienta se obtuvieron los promedios para prácticas específicas y genéricas por área de proceso y por empresa, y en una hoja de cálculo se obtuvieron las desviaciones estándar y se desarrollaron las gráficas correspondientes. Se utilizó para la evaluación una versión ajustada del método de evaluación SCAMPI clase C, y se utilizó el modelo de mejora de procesos CMMI-DEV v1.2 para diseñar las preguntas del cuestionario y para proporcionar las recomendaciones de los puntos débiles identificados.

#### **4.1. Resultados y análisis de la evaluación en entornos reales**

Para recomendar acciones de mejora al proceso software de una PyME desarrolladora de software se propone un mecanismo de análisis y una plantilla de plan de acción aplicable a los dos tipos de resultados del mecanismo de evaluación, para prácticas específicas y para prácticas genéricas.

Una vez completados los cuestionarios se procedió a identificar los puntos fuertes y débiles con el objeto de mostrar la situación actual de las empresas según los diferentes procesos, de forma que se indique dónde deben concentrar sus esfuerzos para elevar la calidad del software que fabrican y mantienen.

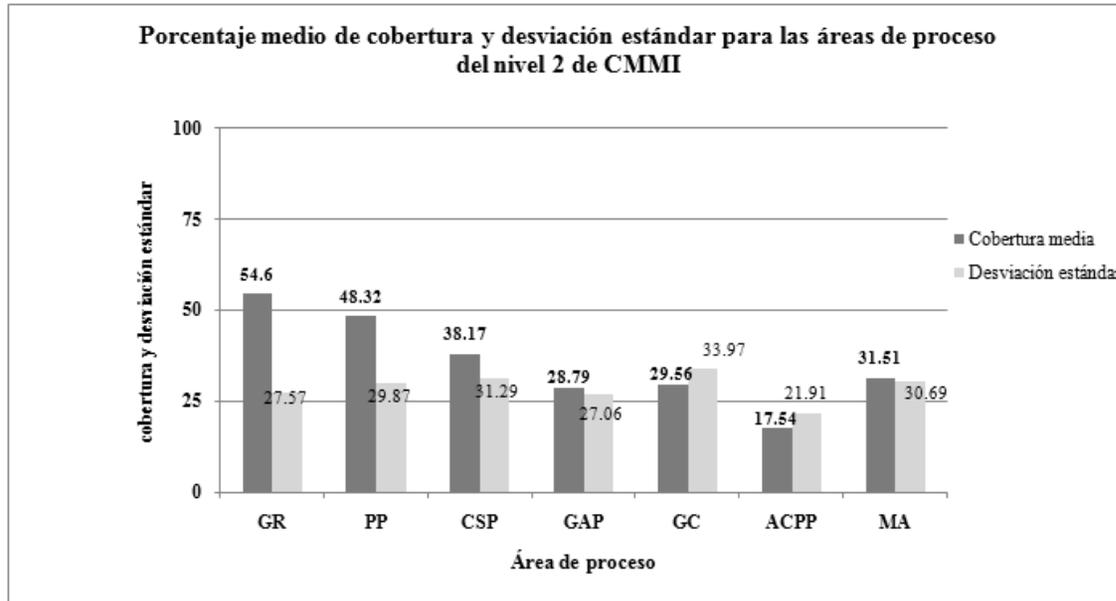
A través del mecanismo de evaluación implementado en la herramienta en línea, se entregó a las empresas los resultados de la evaluación. Los resultados se muestran en forma tabular y gráfica, indicando el período de evaluación, las áreas de proceso evaluadas, la cobertura alcanzada en las prácticas del Nivel 2 del modelo CMMI-DEV v1.2. y las gráficas correspondientes. Un ejemplo de resultado de evaluación se puede observar en la Figura 4.1.



**Figura 4.1.** Resultado de evaluación por empresa

En las Figuras 4.2 a 4.6 se presentan las gráficas obtenidas a partir de las respuestas dadas al cuestionario de evaluación contestado por los 11 líderes de proyecto.

La Figura 4.2 muestra la media de los porcentajes de cobertura de cada área de proceso, junto con su desviación producida. En la Figura 4.3 se muestran los porcentajes de cobertura en cada área de proceso para las diferentes empresas, incluyendo la media de la cobertura por área de proceso – representada como una línea horizontal. Por ejemplo para el área de proceso Gestión de Requisitos, la media correspondiente a todas las empresas ha sido de 54.6%, mientras que las diferentes empresas presentan respectivamente una cobertura de 20%, 33.33%, 30%, 78.13%, 82.92%, 26.25%, 53.75%, 60%, 87.08%, 33.75% y 95.42%.



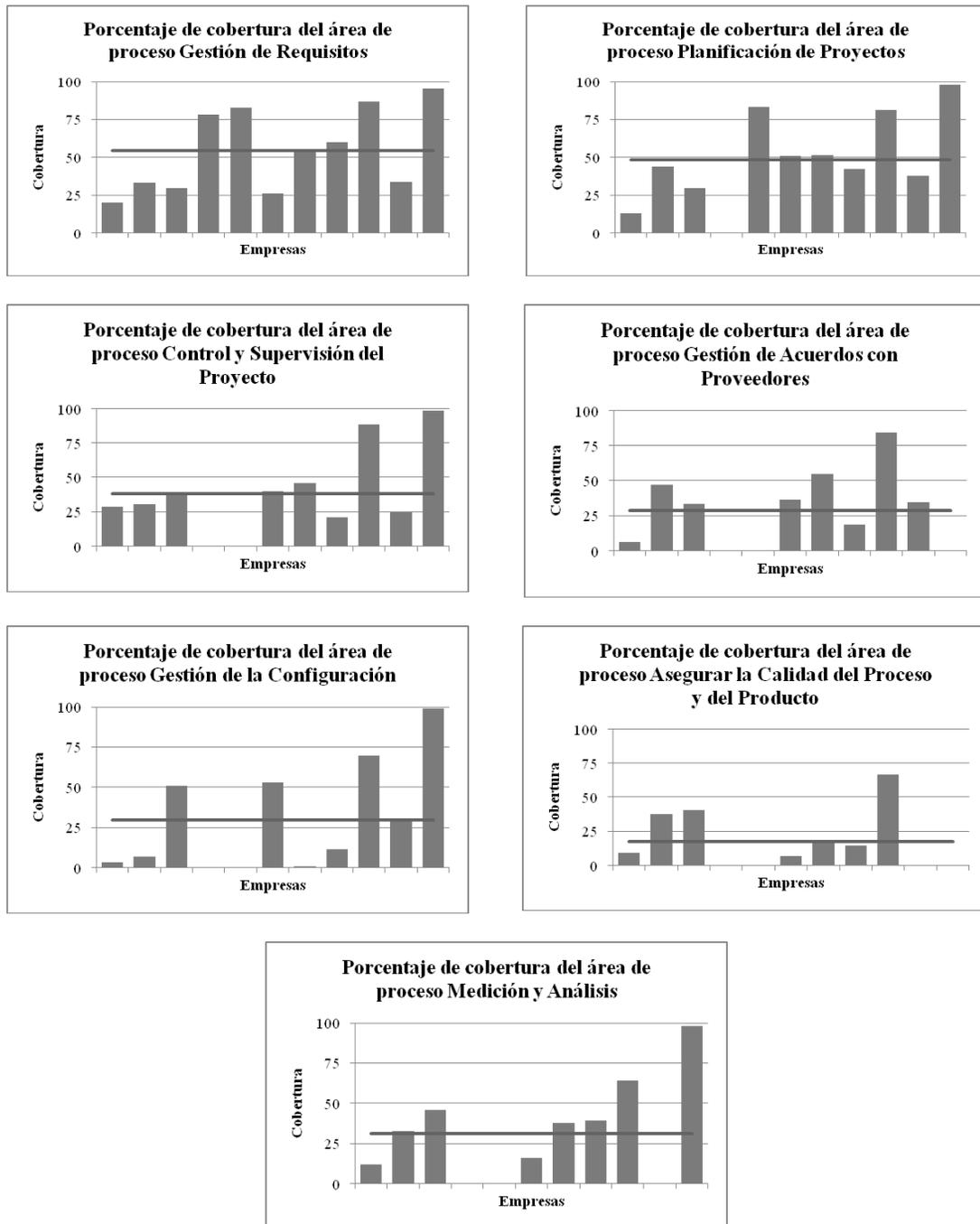
**Figura 4.2.** Comparativa de porcentajes medios y desviaciones estándar de la cobertura alcanzada por cada área de proceso

Como se desprende de las Figuras 4.2 y 4.3, el área de proceso mejor implantada en todas las empresas es la de Gestión de Requisitos, con un nivel de cobertura de 54.60%. Asimismo, el área de proceso de Planificación de Proyectos presenta un grado de cobertura similar, algo que parece evidente desde la estrecha relación existente entre estas áreas.

La evaluación en el área de proceso Gestión de Acuerdos con Proveedores no se efectuó a todas las empresas, ya que no era aplicable.

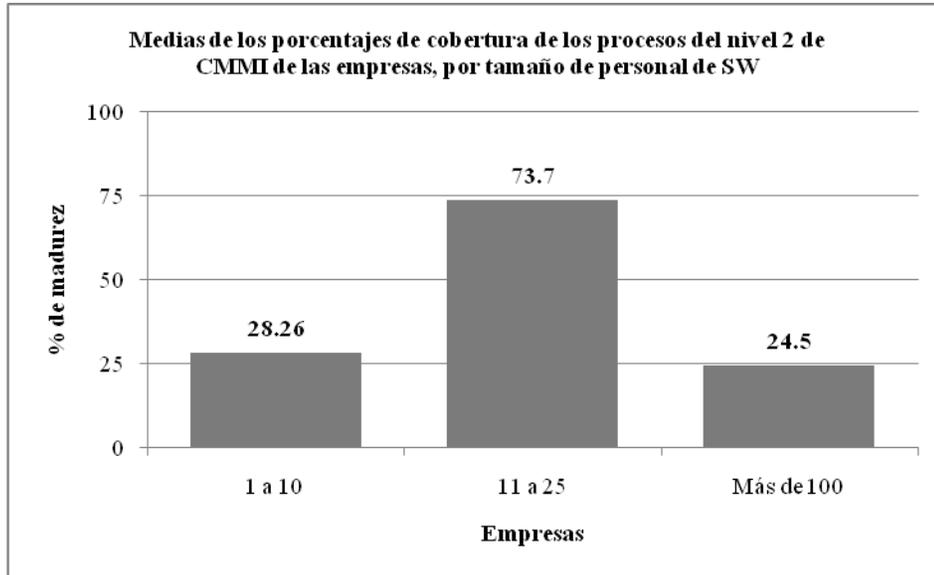
Las áreas de proceso Asegurar la Calidad del Proceso y del Producto, y Gestión de la Configuración, son las peores implantadas. Además, en el caso del área de proceso Gestión de la Configuración existe mayor disparidad en las respuestas dadas por las diferentes empresas, según el elevado valor (33.97%) de su desviación típica.

Todas las empresas se evaluaron en el área de proceso Gestión de Requisitos, mientras que en el resto de las áreas sólo se evaluaron algunas empresas y se representan en las gráficas con espacios en blanco.



**Figura 4.3.** Niveles de cobertura alcanzados por cada área de proceso en cada empresa evaluada

En la Figura 4.4 y se muestran los porcentajes de cobertura de los procesos de Nivel 2 (media de los diferentes procesos del nivel de madurez clasificados por tamaño de personal de software). Se observa que el tamaño del personal de software no parece influir en la madurez de los procesos, ya que hay valores similares entre los distintos tamaños de personal.



**Figura 4.4.** Medias de porcentaje de madurez por tamaño del Personal de Software

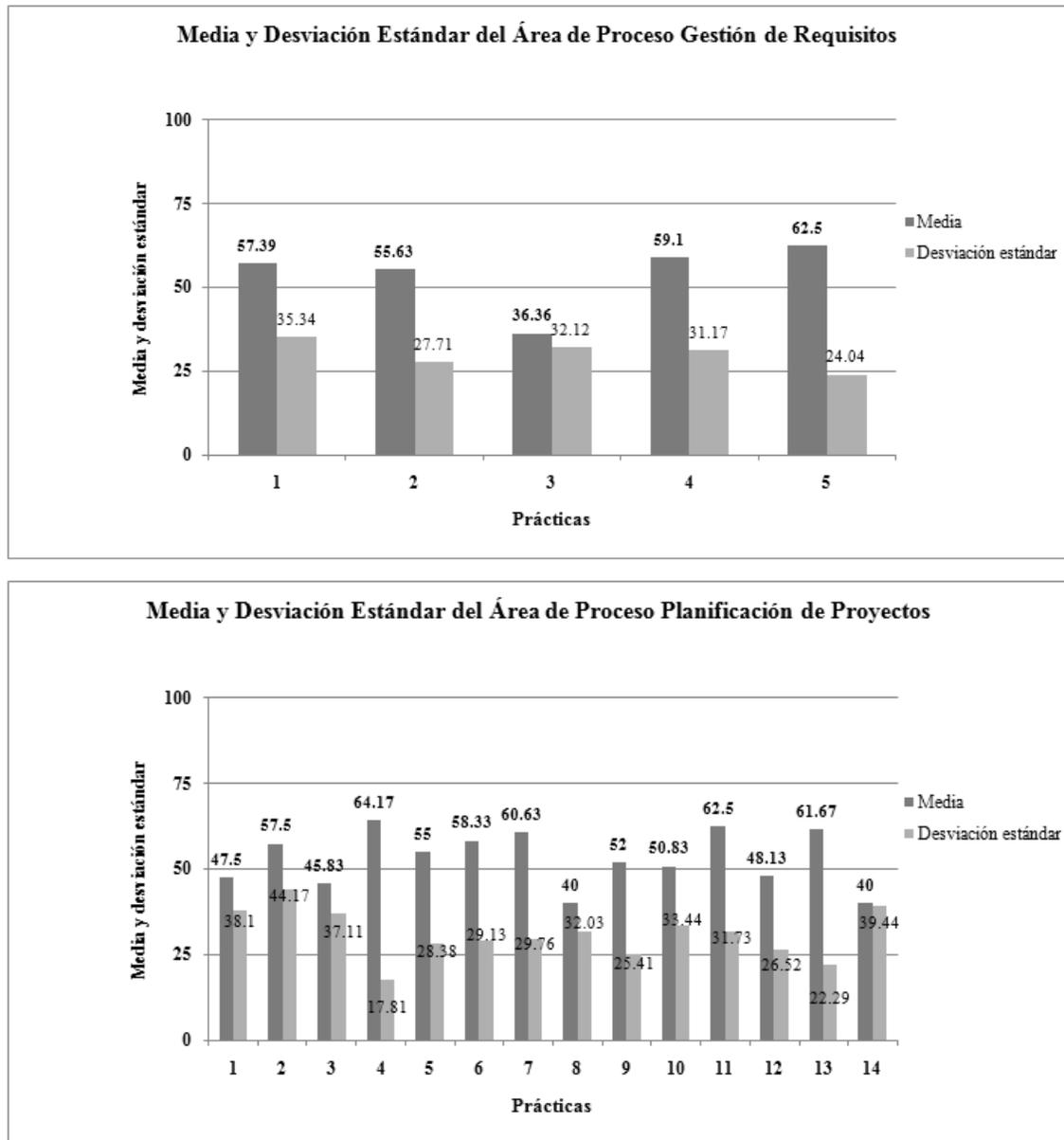
En la Tabla 27 se presenta el valor correspondiente a la media de la cobertura de las áreas evaluadas, lo cual sería el grado de cobertura total para cada empresa. Como se puede observar, la mayoría de empresas presentan un valor medio de cobertura por debajo del 60%, lo que indica que estas empresas no han alcanzado el Nivel 2 de capacidad.

Cabe indicar, que la actividad de las empresa no fue indicador determinante de la cobertura alcanzada, ya que empresas con giro especial en el desarrollo software obtuvieron valores altos como empresas con funciones TI. La empresa con mayor cobertura (77.54%) fue la 9 y se evaluó en las siete áreas de proceso del Nivel 2 del CMMI-DEV, mientras que la empresa 11 con una media de cobertura de 69.86% se evaluó en cinco áreas de proceso obteniendo una cobertura mayor del 95% y es una empresa de tamaño muy pequeño (25 empleados).

**Tabla 27.** Media y desviación estándar para los procesos del Nivel 2 de CMMI-DEV v1.2.

Empresa	Media (%)	Desviación Estándar (%)
1	13.2	8.79
2	33.16	13.06
3	38.55	8.04
4	11.16	29.53
5	23.78	40.61
6	32.89	17.33
7	37.43	20.87
8	29.81	17.8
9	77.54	10.2
10	23.08	16.23
11	69.86	47.74

Por otra parte, se analizó la cobertura para cada una de las prácticas de las áreas de proceso. En la Figura 4.5 aparecen dos gráficas –como ejemplo– de las prácticas de las áreas de Gestión de Requisitos y Planificación del Proyecto.



**Figura 4.5.** Medias y desviaciones estándar de las prácticas de Gestión de Requisitos y Planificación del Proyecto

En el caso del área Gestión de Requisitos, la práctica que presenta la mejor cobertura (62.5%, de media, con desviación de 24.04%) es la que se refiere a obtener la comprensión de los requisitos con los proveedores de estos. En el caso del área de proceso Planificación de Proyectos nos encontramos (con una media de 64.17% y desviación típica de 17.81%) la práctica de mayor cobertura en toda la evaluación es establecer y mantener el calendario y presupuesto del proyecto.

Siguiendo el mismo análisis en el resto de las áreas tenemos que, en el caso de Control y Seguimiento de Proyectos, la práctica más fuerte se refiere a que se supervisan los compromisos contra aquellos especificados en el plan de proyecto, con una cobertura de 56.48% y una desviación de 32.22%.

En el caso de las áreas de proceso de Aseguramiento de la Calidad del Proceso y del Producto, Gestión de la Configuración, y Medición y Análisis, todas las prácticas están por debajo del 50% de cobertura.

En el caso del área Gestión de Acuerdos con Proveedores, la práctica de mayor cobertura (50%) con una desviación de 32.73% es determinar el tipo de adquisición para los productos que serán usados en el proyecto.

La práctica que muestra mayor debilidad es establecer y mantener registros de las actividades para el aseguramiento de la calidad, con una cobertura de 14.29% y pertenece al área de proceso Aseguramiento de la Calidad del Proceso y del Producto.

Por otra parte, analizando lo correspondiente a la familiaridad de las empresas con el modelo CMMI-DEV v1.2, encontramos que dos empresas lo usan regularmente y sólo una de ellas está certificada en CMMI v1.1 Nivel 2. Esta empresa se dedica a desarrollar software a la medida, así como a asesorar en la mejora del proceso software. La participación de esta empresa nos permite validar que la evaluación a través de la herramienta en línea arroja resultados de acuerdo a la realidad de los procesos actuales de las empresas.

Por último, para analizar los planes de acción generados a través del mecanismo implementado en la herramienta en línea, utilizamos el área de proceso en la cual se evaluaron todas las empresas que es la de Gestión de Requisitos. Sólo cuatro empresas alcanzaron una cobertura mayor del 60% y para ellas no se generó plan de acción en esta área, para las siete empresas que no alcanzaron la cobertura mayor del 60%, la herramienta les generó un plan de acción en dicha área. En la Figura 4.6 podemos observar el plan de acción para la empresa que alcanzó la menor cobertura (20% en el área Gestión de Requisitos), en la Figura 4.7 observamos el plan de acción para la empresa que obtuvo una cobertura del 60% en la misma área. Para la empresa que alcanzó la mayor cobertura en el área de Gestión de Requisitos (95.42%) la herramienta no generó ningún plan de acción porque sus prácticas están dirigidas adecuadamente.

Plan de acción de prácticas específicas para el área de proceso Gestión de Requisitos.	
<b>Nombre de la empresa</b>	Empresa No. 1
<b>Nombre de la persona evaluada</b>	Roberto O.
<b>Descripción del puesto</b>	Líder de proyectos
<b>Objetivos</b>	1.-Obtener la comprensión de los Requisitos con los proveedores de estos. 2.-Obtener el compromiso de los participantes con los Requisitos del Proyecto. 3.-Gestionar los cambios en los Requisitos durante el Proyecto. 4.-Mantener la trazabilidad bidireccional de los Requisitos y productos del proyecto. 5.-Identificar inconsistencias entre los Requisitos y los Planes y Productos del Proyecto.
<b>Áreas de proceso relacionadas</b>	<input type="checkbox"/> Desarrollo de Requisitos. <input type="checkbox"/> Solución Técnica. <input type="checkbox"/> Planificación de Proyectos. <input type="checkbox"/> Gestión de la Configuración.

	<input type="checkbox"/> Control y Supervisión del Proyecto. <input type="checkbox"/> Gestión de Riesgos.
<b>Responsable</b>	Jefe de Proyecto.
<b>Participantes</b>	Líder de equipo Analista
Tareas	
<p>1.-Identificar las fuentes oficiales de requisitos en base a criterios establecidos. Los proveedores de requisitos pueden incluir a clientes, usuarios finales, proveedores, dirección, organismos reguladores, o cuerpos de estándares.</p> <p>2.-Mantener una comunicación de doble sentido con los proveedores de requisitos para asegurar la comprensión de requisitos. Evitar discusiones no oficiales porque pueden originar problemas en la comprensión de los requisitos.</p> <p>3.-Establecer criterios para la aceptación de requisitos.</p> <hr/> <p>4.-Comprometer a los participantes del proyecto mediante un documento oficial de requisitos con la firma correspondiente.</p> <p>5.-Evaluar continuamente si se pueden cubrir los compromisos existentes. Comunicar inmediatamente si no se pueden cubrir los compromisos y mitigar los impactos que esto ocasione.</p> <p>6.-Renegociar y registrar los nuevos compromisos.</p> <hr/> <p>7.-Documentar todos los requisitos y los cambios que se realizan a estos. La documentación puede ser en forma de bases de datos, documentos electrónicos, entre otros.</p> <p>8.-Mantener un historial de cambios en los requisitos. Hojas electrónicas y bases de datos son ejemplos de herramientas para gestionar el historial de cambios.</p> <p>9.-Implementar acciones correctivas para casos de volatilidad de requisitos. La volatilidad de requisitos es la tasa a la cual los requisitos cambian.</p> <hr/> <p>10.-Diseñar una matriz de trazabilidad de requisitos. La matriz puede tomar la forma de una hoja de cálculo, base de datos, etc.</p> <p>11.-Implementar la trazabilidad bidireccional entre los requisitos y productos para abordar situaciones particulares de un proyecto.</p> <p>12.-Mantener actualizada la trazabilidad de los requisitos fuente hacia sus requisitos derivados y hacia los componentes de producto, personas, funciones, objetos, etc.</p> <hr/> <p>13.-Revisar los planes, actividades y productos del proyecto para determinar la consistencia con los requisitos.</p> <p>14.-Actualizar la matriz de trazabilidad para conservar las relaciones entre los requisitos y productos del proyecto.</p> <p>15.-Guardar todos los productos del proyecto consistentes con los cambios en los requisitos.</p> <hr/>	
Productos esperados	
<input type="checkbox"/> Lista de criterios para distinguir a los proveedores de requisitos documentada. <input type="checkbox"/> Lista de criterios para aceptación de requisitos documentada. <input type="checkbox"/> Requisitos analizados y comprendidos.	
<input type="checkbox"/> Compromisos con los requisitos y cambios en éstos documentados.	
<input type="checkbox"/> Base de Datos de requisitos actualizada.	
<input type="checkbox"/> Matriz de trazabilidad de requisitos actualizada.	

- Inconsistencias entre los requisitos y planes y productos del proyecto documentadas.
- Acciones correctivas para las inconsistencias de requisitos definidas e iniciadas.

**Figura 4.6.** Plan de acción para la empresa que alcanzó una cobertura de 20% en el área de proceso Gestión de Requisitos

Plan de acción de prácticas específicas para el área de proceso Gestión de Requisitos.	
<b>Nombre de la empresa</b>	Empresa No. 8
<b>Nombre de la persona evaluada</b>	Gerardo G.
<b>Descripción del puesto</b>	Líder de proyectos
<b>Objetivos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.-Establecer los criterios para distinguir a los proveedores de requisitos.</li> <li>2.-Establecer los criterios para la evaluación y aceptación de los requisitos.</li> <li>3.-Analizar los requisitos para asegurar que los criterios establecidos son alcanzados.</li> <li>4.-Llegar a una comprensión de los requisitos con sus proveedores con el propósito de que los participantes del proyecto pueden comprometerse con ellos.</li> <li>5.-Obtener el compromiso de los participantes con los Requisitos del Proyecto.</li> <li>6.-Mantener la trazabilidad de los requisitos para asegurar que su origen está documentado.</li> <li>7.-Mantener la trazabilidad de los requisitos desde su origen hacia sus requisitos derivados y de la asignación a funciones, interfaces, objetos, personas, procesos, y productos.</li> <li>8.-Generar la matriz de trazabilidad de los requisitos.</li> </ol>
<b>Áreas de proceso relacionadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Desarrollo de Requisitos.</li> <li><input type="checkbox"/> Solución Técnica.</li> <li><input type="checkbox"/> Planificación de Proyectos.</li> <li><input type="checkbox"/> Gestión de la Configuración.</li> <li><input type="checkbox"/> Control y Supervisión del Proyecto.</li> <li><input type="checkbox"/> Gestión de Riesgos.</li> </ul>
<b>Responsable</b>	Jefe de Proyecto.
<b>Participantes</b>	Líder de equipo Analista
<b>Tareas</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1.-Identificar las fuentes oficiales de requisitos en base a criterios establecidos. Los proveedores de requisitos pueden incluir a clientes, usuarios finales, proveedores, dirección, organismos reguladores, o cuerpos de estándares.</li> <li>2.-Mantener una comunicación de doble sentido con los proveedores de requisitos para asegurar la comprensión de requisitos. Evitar discusiones no oficiales porque pueden originar problemas en la comprensión de los requisitos.</li> <li>3.-Establecer criterios para la aceptación de requisitos.</li> </ol> <hr/> <ol style="list-style-type: none"> <li>4.-Comprometer a los participantes del proyecto mediante un documento oficial de requisitos con la firma correspondiente.</li> <li>5.-Evaluar continuamente si se pueden cubrir los compromisos existentes. Comunicar inmediatamente si no se pueden cubrir los compromisos y mitigar los impactos que esto ocasione.</li> </ol>	

<p>6.-Renegociar y registrar los nuevos compromisos.</p> <hr/> <p>7.-Diseñar una matriz de trazabilidad de requisitos. La matriz puede tomar la forma de una hoja de cálculo, base de datos, etc.</p> <p>8.-Implementar la trazabilidad bidireccional entre los requisitos y productos para abordar situaciones particulares de un proyecto.</p> <p>9.-Mantener actualizada la trazabilidad de los requisitos fuente hacia sus requisitos derivados y hacia los componentes de producto, personas, funciones, objetos, etc.</p> <hr/>
<b>Productos esperados</b>
<p><input type="checkbox"/> Lista de criterios para distinguir a los proveedores de requisitos documentada.</p> <p><input type="checkbox"/> Lista de criterios para aceptación de requisitos documentada.</p> <p><input type="checkbox"/> Requisitos analizados y comprendidos.</p> <hr/> <p><input type="checkbox"/> Compromisos con los requisitos y cambios en éstos documentados.</p> <hr/> <p><input type="checkbox"/> Matriz de trazabilidad de requisitos actualizada.</p> <hr/>

**Figura 4.7.** Plan de acción para la empresa que alcanzó una cobertura de 60% en el área de proceso Gestión de Requisitos

## 5. Conclusiones

La mejora del proceso software permite comprender que no sólo es importante la tecnología para obtener un software de calidad –cumplir en tiempo, presupuesto y funcionalidad-, sino que los procesos también tienen su parte. Desde la recolección de los requisitos hasta la implementación del sistema solicitado se deben ejecutar procesos que si no son administrados correctamente, pueden llevar al fracaso a un proyecto. Una planificación del proyecto de acuerdo a los requisitos planteados y tomando en cuenta al personal que participa seguramente llevará a estimar los recursos adecuadamente y se podrá cumplir en tiempo y en funcionalidad. El seguimiento del proyecto y la validación de la funcionalidad de acuerdo a los requisitos planteados seguramente permitirán cumplir con lo solicitado. Así mismo un control adecuado de los productos generados internamente y los que serán entregados al cliente nos permitirá tener una organización correcta de todos los activos del proyecto. Todos estos aspectos están comprendidos en el Nivel 2 del modelo CMMI-DEV v1.2 y son independientes de cualquier ciclo de vida de software.

La importancia de la mejora del proceso software radica en mejorar la forma en que las personas realizan sus actividades para cumplir los objetivos de la empresa, por lo que para conocer que tan bien están ejecutando sus procesos se recurre a la evaluación. Sin embargo cuando una persona sabe que va a ser evaluada pone resistencia al evento si no se le explica la finalidad: mejorar su trabajo.

Según los estudios revisados, en México, las empresas de desarrollo software presentan debilidades con respecto a la calidad de sus procesos. Actualmente la mejora del proceso software en las pequeñas empresas software en México es un campo poco explorado, situación vista en el caso de estudio que se presenta en este documento, dónde se encontró que pocas personas han participado en evaluaciones con el objetivo de mejorar lo que hacen. Así mismo el número de invitados a la evaluación se redujo debido a que algunos invitados no contestaron el cuestionario, argumentando falta de tiempo para una actividad fuera de sus planes de negocio.

De acuerdo a las metas planteadas en el Capítulo 1 de esta tesis y a los resultados obtenidos en la evaluación de los líderes de proyectos de las pequeñas empresas de diversos sectores (que desarrollan software como objetivo de negocio o que lo utilizan), se llegan a las siguientes conclusiones:

- Es posible adaptar los modelos: de procesos y mejora CMMI-DEV v1.2, de evaluación SCAMPI clase C y de mejora IDEAL para evaluar los procesos actuales de las PyMEs desarrolladoras de SW, con la finalidad fortalecer sus procesos y como consecuencia mejorar la calidad de sus productos.

- Se desarrolló un mecanismo de evaluación de procesos software y se implementó en una herramienta Web a través de la cual se evaluó a 11 líderes de proyecto. Es posible utilizar la herramienta para autoevaluarse permitiendo con ello ahorrarse los costos de una evaluación formal.
- Se desarrolló un mecanismo de definición de planes de acción que analiza los resultados de la evaluación. Este mecanismo se implementó en una herramienta Web a través de la cual se hicieron recomendaciones a las empresas evaluadas.
- De acuerdo a los datos recolectados a través de la herramienta Web, el modelo CMMI-DEV v1.2 es poco conocido por las empresas que participaron en la evaluación.
- Según la evaluación efectuada, el área mejor implantada es Gestión de Requisitos.
- Según la evaluación efectuada, el área peor implantada es Aseguramiento de la Calidad del Proceso y del Producto.
- Según la evaluación efectuada, la práctica mejor implantada es establecer y mantener el calendario y presupuesto del proyecto, del área de proceso Planificación de Proyectos.
- Según la evaluación efectuada, la práctica peor implantada es establecer y mantener registros de las actividades para el aseguramiento de la calidad, del área de proceso Aseguramiento de la Calidad del Proceso y del Producto.
- Hace falta evaluar la implementación de las recomendaciones en proyectos piloto, de tal forma que nos permita determinar los beneficios obtenidos en cuanto a la calidad, tiempo, presupuesto y funcionalidad requerida en los proyectos.
- El caso de estudio abarcó un número pequeño de empresas por lo que los datos encontrados no se podrían generalizar para todas las PyMEs de México, siendo conveniente en un futuro ampliar el número de empresas y diseñar el estudio de tal forma que se pueda obtener una información mejor apegada a la realidad.
- Las acciones de mejora que se recomendaron se obtuvieron de las prácticas específicas y genéricas del modelo CMMI-DEV v1.2, aunque se recomiendan tareas y productos hace falta validar su aplicación.
- Hace falta detallar los planes de mejora con otros criterios como: criterios de éxito para cada acción, especificar cómo medir el progreso e indicar el calendario de ejecución de las acciones.
- La propuesta actual se centró en el Nivel 2 de CMMI-DEV v1.2, quedando pendiente su ampliación a los Niveles 3,4 y 5.
- La propuesta se centró en las 3 primeras fases del modelo IDEAL, quedando pendiente su ampliación a las dos últimas fases para cerrar el ciclo de mejora de este modelo.
- Los resultados de la evaluación y planes de acción son proporcionados a través de una clave de acceso a cada empresa y podrían en un futuro formar parte de una librería de activos accesible a empresas que pertenezcan a un determinado perfil.
- Se sugiere ampliar la funcionalidad de la herramienta en línea para permitir efectuar evaluaciones centradas en puntos débiles identificados en evaluaciones previas y evitar contestar toda la evaluación nuevamente.

- A través de la participación de una empresa con certificación en CMMI v1.1, validamos que la herramienta diseñada mostró eficacia en la evaluación, sin embargo queda pendiente evaluar a más empresas con este perfil para poder generalizar la eficacia total de la herramienta.

Una futura línea de investigación podría estudiar la posibilidad de abordar todas las fases del modelo de mejora IDEAL y ampliar el mecanismo de evaluación y planes de acción a los Niveles 3 y 4 del modelo CMMI-DEV v1.2.

## 6. Anexo A.- Acrónimos y Términos

ARC	Documento de los requisitos de evaluación para CMMI (Appraisal Requirements for CMMI).
CAF	Marco de trabajo de evaluación en CMM (CMM Appraisal Framework).
CBA_IPI	Método de evaluación para la mejora de proceso interno basado en CMM (CMM-Based Appraisal for Internal Process Improvement).
CMMI- DEV	Modelo de madurez para la mejora de los procesos relacionados con el desarrollo de productos y servicios (Capability Maturity Model Integration for Development v1.2).
CMMI v1.1	Modelo de madurez para la mejora de los procesos software (Capability Maturity Model Integration v1.1).
CMM-SW	Modelo de madurez para el desarrollo y mantenimiento de software (Capability Maturity Model for Software).
DETI	Directorio de empresas de tecnologías de la información.
DoD	Departamento de la defensa de los Estados Unidos (U.S Department of Defense).
EIA/IS 731.2	Método de evaluación para la industria electrónica (Electronic Industries Alliance/Interim Standard Appraisal Method).
EvalProSoft	Método de evaluación de procesos para la industria de software.
FAM	Método de evaluación FAA (Federal Aviation Administration Appraisal Method).
FI	Completamente implementada (Fully Implemented).
GPI	Indicadores por práctica genérica (Generic Practice Indicator).
GRI	Indicadores por recurso genérico (Generic Resource Indicator).
GWI	Indicadores por producto de trabajo genérico (Generic Work Product Indicator).
IDEAL	Modelo de mejora de procesos software de 5 fases: iniciar, diagnosticar, establecer, actuar y aprender (Initiating, Diagnosis, Establishing, Acting, Learning).
IEC	Comisión internacional electrotécnica (International Electrotechnical Commission).

IEEE	Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos (Institute of Electrical and Electronics Engineers).
INEGI	Instituto nacional de estadística, geografía e informática.
IPD-CMM	Modelo de madurez para el desarrollo de productos (The Integrated Product Development Capability Maturity Model).
IS	Ingeniería de software
ISO	Organización internacional para la estandarización (International Organization for Standardization)
ISO/9126	Estándar para la evaluación de la calidad del software.
ISO/IEC JTC1	Comité técnico para la estandarización en el campo de las tecnologías de la información (International Organization for Standardization/ International Electrotechnical Commission/Joint Technical Committee 1).
KPAs	Áreas clave de procesos del CMM (Key Process Areas).
MoProSoft	Modelo de procesos para la industria de software.
MSG	Grupo de dirección (Management Steering Group).
NATO	Organización del tratado del Atlántico Norte (North Atlantic Treaty).
NYCE	Normalización y certificación electrónica.
PDCA	Marco de trabajo para la mejora de procesos de 4 fases: planear, hacer, verificar y actuar (Plan-Do-Check-Act).
PIB	Producto interno bruto.
PIIs	Indicadores de implementación de práctica (Practice Implementation Indicators).
ProSoft	Programa para el desarrollo de la industria de software.
PyMEs	Pequeñas y medianas empresas.
QBA	Evaluación basada en cuestionario (Questionnaire Based Appraisal).
QMS	Sistemas de gestión de calidad (Quality Management Systems).
ROI	Retorno de la inversión (Return On Investment).
RPI	Indicadores por proceso relacionado (Related Processes Indicator).
SCAMPI A	Método de evaluación estándar del CMMI para la Mejora de los Procesos (Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement).
SCAMPI C	Método de evaluación de clase C para la mejora de los procesos (Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement).
SCESM	Descripción del método de evaluación de la capacidad de software (Software Capability Evaluation Method Description).
SDCE	Evaluación de la capacidad del desarrollo software (Software Development Capability Evaluation).
SECM	Modelo de capacidad de ingeniería de sistemas (The Systems Engineering Capability Model).
SEI	Instituto de ingeniería de software (Software Engineering Institute).
SEPG	Grupo de proceso de ingeniería de software (software engineering process group).

---

SGC	Sistema de gestión de calidad.
SIC	Clasificación industrial estándar (Standard Industrial Classification).
SPI	Mejora del proceso software (Software Process Improvement).
SPICE	Estándar internacional para determinar la capacidad y mejora del proceso software -estándar ISO/IEC 15504-. (Software Process Improvement and Capability dEtermination).
SPINs	Redes de mejora del proceso software y sistemas (Software and Systems Process Improvement Network).
SysProVal	Herramienta Web para evaluación de procesos y definición de planes de acción para la mejora de procesos software.
TI	Tecnologías de Información.
TR	Reportes técnicos (Technical Report).
TS	Especificaciones técnicas (Technical specifications).
TWG	Grupo de trabajo técnico (Technical Working Group).



## 7. Bibliografía

[**Alquicira, 2005**] Alquicira, E. C. Programa de mejora, una carrera por la mejora que no tiene meta. AVANTARE. 2005.

[**Alvarez, 2005**] Alvarez, A. B. Modelos de gestión de la calidad en software. COMMON Uruguay. Abril 2005. Process IT.

[**Armas, 2007**] Armas, A. R. Chamorro, G. A, Montes, B.M. Gutierrez, M.J.A. Desde ISO 9001 HACIA CMMI, Pasos para la mejora de los procesos y métricas. RPM-AEMES, VOL. 4, N° 1 Enero 2007.

[**Bauer, 1969**] Bauer, F.L. Bolliet, L. Helms, H.J. Software Engineering Report on a conference sponsored by the NATO SCIENCE COMMITTEE. Gasmich, Germany 1968. January 1969.

[**Bedini, 2005**] Bedini, G.A. Llamosa, A.A, Pavlovic, M., Steembecker, K. Quality Software Map of South America. Proceedings of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, 2005.

[**Bedini, 2006**] Bedini, G. A. SPIN en América del Sur y sus desafíos. [www.latinspin.org](http://www.latinspin.org)

[**Bush, 2005**] Bush, M. Dunaway D. CMMI Assessments. Motivating Positive Change. 2005

[**Calvo, 2005**] Calvo, M.J.A. Cuevas, A.G. García, P. I. San Feliu, G.T. and Serrano, A. A Software Process Improvement Solution for Small and Medium-Size Enterprises.

[**Calvo, 2006**] Calvo, M.J.A. San Feliu, T. Serrano, A. CMMI: mitos y realidades. VII conferencia anual de AEMES. 14 de noviembre de 2006.

[**CCTI, 2005**] CCTI. Centro de Calidad en Tecnologías de la Información. Polo Tecnológico Rosario. El modelo IDEAL para implementar CMMI. Diciembre 2005.

[**CMMI, 2002**] CMMI Product Team. Improving processes for better products. Capability Maturity Model Integration (CMMI) Version 1.1. CMMI for Systems Engineering, Software Engineering, Integrated Product and Process Development, and Supplier Sourcing (CMMI-SE/SW/IPPD/SS, V1.1). Continuous Representation. CMU/SEI-2002-TR-011.

[**CMMI-DEV, 2006**] CMMI Product Team. CMMI® for Development, Version 1.2. Improving processes for better products, August 2006.

[**De Amescua, 2005**] De Amescua, S.A. Garcia, G. J Rimawi, Y and Cuevas A. G. RAMALA: A SPI Service Provider for SMEs. Proceedings of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, 2005.

- [**De la Villa, 2004**] De la Villa M., Ruiz. M, Ramos. I. Modelos de evaluación y mejora de procesos: análisis comparativo. 2004.
- [**Dunaway, 1996**] Dunaway, D. K. Masters, S. CMM-Based Appraisal for Internal Process Improvement (CBA\_IPI): Method Description. 1996. CMU/SEI-96-TR-007.
- [**Duncil, 2002**] Duncil, B.R. The Essentials of Software Quality Assurance. 2002.
- [**Emam, 2005**] Emam, K. A Multi-Method Evaluation of the Practices of Small Software Projects. Proceedings of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, 2005.
- [**Galindo, 2006**] Galindo, S.M. Vicente, H.M.I. Mejora del proceso de desarrollo software en los sistemas distribuidos en el centro informático del INSS. Tecnimap. Sevilla 2006.
- [**García, 2005**] Garcia. S. How Standards Enable Adoption of Project Management. IEEE Computer Society 2005.
- [**García, 2006**] García, J. Amescua, A. Velasco, M. TOP 10 de factores que obstaculizan la mejora de los procesos de verificación y validación en organizaciones intensivas en software. Departamento de Informática. Escuela Politécnica Superior. Universidad Carlos III de Madrid . ATI, 2006.
- [**Garcia, 2007**] Garcia, I. Calvo, M.J.A. Cuevas, San Feliu, T. Determining Practice Achievement Management. Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin/Heidelberg. Vol. 4764. pp. 46-58.
- [**Gibson, 2006**] Gibson, D.L. Goldenson, D.R. Kost, K. Performance Results of CMMI-Based Process Improvement. CMU/SEI-2006-TR-004. August 2006.
- [**Goldenson, 2005**] Goldenson, D. Rout, T. and Tuffley, A. Measuring performance Results in Small Settings: How do you do it and what matters most?. Proceedings of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, 2005.
- [**González, 2006**] González, B.D.L. Informe de trabajo de investigación. Estudio exploratorio de los factores críticos de éxito en la industria mexicana del software y su relación con la orientación estratégica de negocio. Universidad Politécnica de Madrid. Valencia, España, 2006.
- [**Guerrero, 1999**] Guerrero, L. Ciclo de mejoramiento de procesos: el modelo IDEAL. Montreal, Canadá. Octubre 1999.
- [**Greene, 1998**] Greene, J.W.E. Measures For Software Process Improvement. Software Process Improvement: Management Commitment, Measures and Motivation. Quantitative Software Management Ltd. 1998.
- [**Hayes, 2005**] Hayes, W. Miluk, G. Ming, L. Glover, M. and Members of the SCAMPI B and C Project. Handbook for Conducting Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI) B and C Appraisals, Version 1.1. 2005. CMU/SEI-2005-HB-005.
- [**Heinz, 2003**] Heinz, L. CMMI Myths and Realities. news@sei interactive, 4Q02 <http://interactive.sei.cmu.edu>.
- [**INEGI, 2004**] INEGI. Micro, Pequeña, Mediana y Gran empresa. Censos económicos 2004.
- [**ISO, 2000**] Norma internacional. Traducción certificada. ISO 9001. Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos. 2000.

- [**Jones, 2005**] Jones, J.E. Process Improvement in a Small Company. Proceedings of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, 2005.
- [**Kautz, 2000**] Kautz, K. Westergaard, H.H. Thaysen, K. Applying and adjusting a software process improvement model in practice: the use of the IDEAL model in a small software enterprise. 2000.
- [**Kelly, 2005**] Kelly, G. Barriers to Adoption of the CMMI Process Model in Small Settings. Proceedings of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, 2005.
- [**Kimbrough, 1997**] Kimbrough, T. Levine, L. The IDEAL Transition Framework. Speeding Managed Change. SEI Symposium 97. Carnegie Mellon University. 1997.
- [**Laporte, 2005**] Laporte, C.Y. and April, A. Applying Software Engineering Standards in Small Settings: Recent Historical Perspectives and Initial Achievements. Proceedings of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, 2005.
- [**Laporte, 2005a**] Laporte, C. Y. Desharnais, J.M. Abouelfattah, M.M. Bamba, J.C. Initiating Software Process Improvement in Small Enterprises: Experiments with Micro-Evaluation Framework. École de technologie supérieure Department of Software and IT Engineering. Montréal, Québec, Canada.
- [**Laporte, 2007**] Laporte C.Y. and April. A. Applying International Software Engineering Standards in Very Small Enterprises. Cross Talk the journal of defense software engineering. Febrero 2007.
- [**Loon, 2004**] Loon, Han van. Process Assessment and ISO/IEC 15504. A reference book. 2004.
- [**López, 2004**] López, P.C. Modelo de Madurez de la Capacidad del Software. InforMAS. Revista de Ingeniería Informática del CIIRM.
- [**Marquis, 2006**] Marquis, H. How to roll the Deming wheel. Mayo 2006.
- [**McFeeley, 1996**] McFeeley, B. IDEALSM: A User's Guide for Software Process Improvement. 1996.
- [**Methol, 2007**] Methol, M.I. Álvarez B. A. Ciclo "Modelos de Mejora de Procesos de Software" ISO 9001:2000. Sistemas de Gestión de la Calidad ISO/IEC 90003:2004. Ingeniería de Software Directrices para la aplicación de ISO 9001: 2000 al Software. 19 de abril 2007.
- [**Miluk, 2005**] Miluk, G. Results of a Field Study of CMMI for Small Settings Using Rapid Applied Ethnography. Proceedings of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, 2005.
- [**Mondragon, 2005**] Mondragon O. A. Addressing Infrastructure Issues in Very Small Settings. Proceedings of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, 2005.
- [**Moralejo, 2005**] Moralejo, R. O. Dumit, M.N.C. Valoración de modelos y estándares de evaluación y mejora del proceso de software. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina 2005.
- [**Moreno, 2000**] Moreno, V. Mejora de Procesos: La esencia de la mejora y la medición del avance. Avantare. 2000.
- [**Mutafelija , 2003**] Mutafelija, B. Stromberg, H. Exploring CMMI-ISO 9001:2000 synergy when developing a process improvement strategy. SEPG 2003 Conference.

- [**Olav, 2007**] Olav, B. F. Knowledge Management in Software Process Improvement. Doctoral Thesis Submitted for the Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of philosophiae doctor. Department of Computer and Information Science Faculty of Information Technology, Mathematics and Electrical Engineering Norwegian University of Science and Technology. October 2007.
- [**Oktaba, 2003**] MoProSoft: Modelo de Procesos para la Industria de Software. Oktaba, H. Alquicira, E. C. Asociación Mexicana para la Calidad en la Ingeniería de Software (AMCIS). 2003.
- [**Oktaba, 2003a**] Moprosoft: el nuevo modelo que impondrá una norma mexicana para la calidad en la industria del software. Entrevista con la Dra. Hanna Oktaba, presidenta de la Asociación Mexicana para la Calidad en Ingeniería de Software (AMCIS). Boletín IIE, julio-septiembre del 2003.
- [**Oktaba, 2004**] Oktaba, H. Alquicira, E. C. Su Ramos, A. Palacios, E. J. Pérez, E. C. López Lira, H. F. Método de Evaluación de procesos para la industria de software EvalProSoft. Versión 1.1 Marzo 2004
- [**Oktaba, 2005**] Oktaba H. MoProSoft®: A Software Process Model for Small Enterprises. Proceedings of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, 2005.
- [**Oktaba, 2005a**] Oktaba, H. Alquicira, E. C. Su Ramos, A. Martínez, M. A. Quintanilla, O. G. Ruvalcaba, L. M. López Lira, H. F. Modelo de Procesos para la Industria de Software (MoProSoft) Por Niveles de Capacidad de Procesos Versión 1.3 Agosto 2005.
- [**Oktaba, 2007**] MoProSoft o Historia de una norma. Basado en la columna de Tejiendo nuestra red de la revista Software Guru publicada en los números Año 01 No.03, 05 de 2005, Año 02 No.04 de 2006 Año 03 No.1 de 2007 con algunos cambios de redacción y actualizaciones hechos por la autora Hanna Oktaba, profesora de la Facultad de Ciencias UNAM. Febrero 2007.
- [**OMC, 2001**] Una introducción a ISO 9000:2000. Sección de Servicios de Apoyo para las Empresas, División de Servicios de Apoyo al Comercio, Centro de Comercio Internacional UNCTAD/OMC. Boletín No. 70. Ginebra, Suiza. Noviembre 2001.
- [**Palacio, 2005**] Palacio J. Gestión y procesos en empresas de software. Nov.2005.
- [**Paulk, 1993**] Paulk, M. C. Curtis, B. Chrissis, M.B. Weber, C.V. Capability Maturity Model for Software, Version 1.1. CMU/SEI-93-TR-24, 1993.
- [**Paulk, 2002**] Paulk, M. C. Comparing ISO 9001:2000 and software CMM v1.1. Septiembre 2002.
- [**Pino, 2006**] Pino, F.J. Garcia, F. Piattini, M. Revisión sistemática de mejora de procesos software en micro, pequeñas y medianas empresas 2006.
- [**Pino, 2006a**] Pino, F.J. Garcia, F. Ruíz, F. Piattini, M. Adaptación de las normas ISO/IEC 12207:2002 e ISO/IEC 15504:2003 para la evaluación de la madurez de procesos software en países en desarrollo. Mayo 2006.
- [**Pressman, 2002**] Pressman, R. S. Ingeniería del Software. Un enfoque práctico, 5ª.edición. McGrawHill. 2002. pp.601.
- [**Pries, 2007**] Pries, H. J. Johansen, J. Mads, C. Korsaa, M. The ImprovAbility Model. 2007.
- [**Prosoft, 2004**] Estudio del nivel de madurez y capacidad de procesos de la industria de tecnologías de información. Estudio del nivel de madurez y capacidad de procesos de la industria de tecnologías

de información en el área metropolitana de Monterrey, Nuevo León y el Distrito Federal y su área metropolitana,

[**Quality, 1995**] The PDCA improvement process. A guide to Foster continuous improvement, customer satisfaction and teamwork. Quality Journal. Abril 1995.

[**Revankar, 2005**] Revankar, A. Mithare, R. and Nallagonda, V. M. Accelerated Process Improvements for Small Settings. Proceedings of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, 2005.

[**Rupp, 2005**] Rupp, S. Software Process Improvement at Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. Proceedings of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, 2005.

[**Sagrario, 2007**] Sagrario, A. Mejora de procesos: La evolución natural. <http://www.als-es.com>. ALS/Software Lifecycle Optimization.

[**SCAMPI, 2006**] SCAMPI Upgrade Team . Standard CMMI® Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPISM ) A, Version 1.2.: Method Definition Document. August 2006

[**SEI, 2006**] SEI. Process Maturity Profile CMMI® v1.1. SCAMPISM v1.1 Class A Appraisal Results 2006 Mid-Year Update. September 2006.

[**SEI, 2006a**] CMMI Version 1.2. SCAMPI A Appraisal Method Changes. SEI. Carnegie Mellon University Sponsored by the U.S. Department of Defense. 2006.

[**Serrano, 2005**] Serrano M. A., Montes de Oca C., Cedillo K. Process Improvement Approaches and Models. An Experience on Implementing the CMMI in a Small Organization Using the Team Software Process. Proceedings of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, 2005.

[**Shintani, 2005**] Shintani, 2005. Jones, J. E. Empowered Engineers are key players in process improvements. Proceedings of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, 2005.

[**Silveira, 2005**] Silveira, V.A.P. Corrêa, F.L. and Cunha, G. E. The Implementation of SW-CMM Level 2–A Successful Case of a Brazilian Company’s Organizational Competence and Commitment, Proceedings of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, 2005.

[**SOFTWARE, 2007**] Directorio de Empresas de Tecnologías de la Información (DETI). Junio 2007. Portal de la Industria del Mexicana del Software, avalado por la Secretaría de Economía y operado por la Asociación Mexicana de Tecnologías de Información, A.C. <http://www.software.net.mx>.

[**SPICE, 2007**] SPICE. Software Process Assessment Part 1 and Part 2 V1.00. ISO/IEC Software Process Assessment. <http://www.sqi.gu.edu.au/spice/>

[**Stembecke, 2005**] Stembecke, K. y Pavlovic, M. The ACTI PROFO Process Improvement Initiatives. Proceedings of the First International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings, 2005.

[**Tantara, 2001**] Tantara, History and relationship of process standars/models, 2001. <http://www.tantara.ab.ca/>

[Watts, 2007] Watts, S.H. Michael, D.K. James, W.O. and William, C.P. SEI. Future Directions in Process Improvement. 2007.

[Weinstein, 2004] Weinstein, J. Vasovski, S. The PDCA Continuous Improvement Cycle Module 6.4. Alumni Mentor/Coach Jamie Flinchbaugh – Lean Learning Center. Presentation for: ESD.60 – Lean/Six Sigma Systems MIT Leaders for Manufacturing Program (LFM). Summer 2004.

## 7.1. Sitios de Internet

[URL-1] <http://www.ieee.org>

[URL-2] <http://www.iso.org>

[URL-3] <http://www.sei.cmu.edu>

[URL-4] <http://www.tantara.ab.ca/>

[URL-5] <http://www.cvpro.com.ar/inicio.html>

[URL-6] <http://www.software.net.mx>

[URL-7] <http://www.sei.cmu.edu>

[URL-8] <http://www.nyce.org.mx>